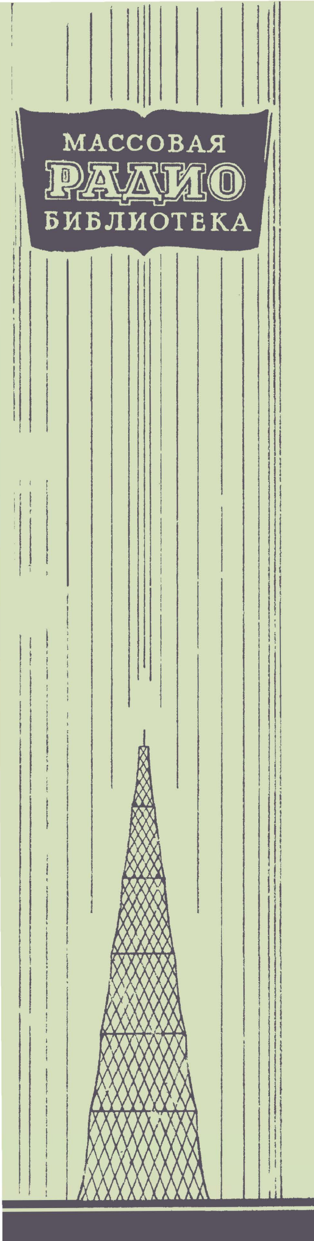


СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



ГОСЭНЕРГОИЗД

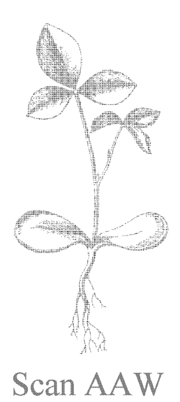
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 286

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ

Под общей редакцией
А. А. КУЛИКОВСКОГО







ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1958 ЛЕНИНГРАД

Книга содержит справочные сведения и материалы, необходимые радиолюбителю в его работе по конструированию радиоаппаратуры.

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

* * *

Редакторы *В. В. Енютин* и *Ф. И. Тарасов* Технич. редактор *А. М Фридкин*

Сдано в набор 14/X 1957 г. Подписано к печати 12/XII 1957 г.
Бумага 84×108 1/32 24,6 п. л. Уч.-изд. л. 31,5
Т-10477 Тираж 100 000 экз. (2-й завод 2001—1000000 экз.) Цена 13 р. 60 к. Заказ № 489

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Издательство выпускает второе издание „Справочника радиолюбителя" с учетом пожеланий, высказанных на многочисленных конференциях читателей, проведенных редакцией „Массовой радиобиблиотеки".

В данном издании читатели найдут новые главы: прием телевидения и запись и воспроизведение звука. Существенно переработана и расширена глава „Радиовещательные приемники". Глава „Приемно-усилительные лампы" значительно расширена за счет материалов о полупроводниковых приборах и называется теперь „Электровакуумные и полупроводниковые приборы". В главу четвертую введен новый материал о приемных антеннах радиовещательного диапазона. В остальных главах книга не претерпела существенных изменений.

Главная цель справочника остается прежней — дать радиолюбителю основные справочные сведения по вопросам расчета и конструирования радиоаппаратуры.

Справочник рассчитан на подготовленного читателя и поэтому не содержит ни описаний физических процессов, происходящих в радиоприемнике, ни принципов действия тех или иных схем. Все справочные сведения приводятся по возможности сжато — в виде формул, таблиц, графиков, номограмм и схем. Расчетные формулы насколько возможно упрощены, обеспечивая, однако, точность, достаточную для радиолюбительской практики.

В составлении „Справочника радиолюбителя" приняли участие: Бурлянд В. А., Ганзбург М. Д., Ельяшкевич С. А., Загик С. Е., Корольков В. Г., Куликовский А. А., Левитин Е. А., Сутягин В. Я., Тарасов Ф. И. и Чечик П. О.

Редакция и составители рассчитывают на дальнейшую помощь читателей и просят сообщать свои критические замечания и пожелания по адресу: Москва Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, Госэнергоиздат, редакция „Массовой радиобиблиотеки".

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

1-1. ЛАТИНСКИЙ И ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТЫ

Латинский алфавит

Печатные буквы	Рукописные буквы	Название	Печатные буквы	Рукописные буквы	Название
A a	*Aa*	а	N n	*Nn*	эн
B b	*Bb*	бэ	O o	*Oo*	о
C c	*Cc*	цэ	P p	*Pp*	пэ
D d	*Dd*	дэ	Q q	*Qq*	ку
E e	*Ee*	э	R r	*Rr*	эр
F f	*Ff*	эф	S s	*Ss*	эс
G g	*Gg*	гэ	T t	*Tt*	тэ
H h	*Hh*	аш	U u	*Uu*	у
I i	*Ii*	и	V v	*Vv*	вэ
J j	*Jj*	йот	W w	*Ww*	дубль-вэ
K k	*Kk*	ка	X x	*Xx*	икс
L l	*Ll*	эль	Y y	*Yy*	игрек
M m	*Mm*	эм	Z z	*Zz*	зэт

Греческий алфавит

Печатные буквы	Рукописные буквы	Название	Печатные буквы	Рукописные буквы	Название
Α α	*Αα*	альфа	Ν ν	*Νν*	ни (ню)
Β β	*Ββ*	бэта	Ξ ξ	*Ξξ*	кси
Γ γ	*Γγ*	гамма	Ο ο	*Οο*	омикрон
Δ δ	*Δδ*	дельта	Π π	*Ππ*	пи
Ε ε	*Εε*	эпсилон	Ρ ρ	*Ρρ*	ро
Ζ ζ	*Ζζ*	дзета	Σ σ ς	*Σσς*	сигма
Η η	*Ηη*	эта	Τ τ	*Ττ*	тау
Θ ϑ θ	*Θϑ*	тэта	Υ υ	*Υυ*	ипсилон
Ι ι	*Ιι*	иота	Φ φ	*Φφ*	фи
Κ κ	*Κκ*	каппа	Χ χ	*Χχ*	хи
Λ λ	*Λλ*	ламбда	Ψ ψ	*Ψψ*	пси
Μ μ	*Μμ*	ми (мю)	Ω ω	*Ωω*	омега

1-2. ОБОЗНАЧЕНИЯ ОСНОВНЫХ ВЕЛИЧИН И ЕДИНИЦ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

Величина	Условное обозначение	Наиболее употребительные единицы	Сокращенное обозначение единицы измерения
Вес	G	Грамм	*г*
Вес удельный	γ	—	—
Время	t	Секунда	*сек*
Высота	h	Метр	*м*
Диаметр	d	Метр	*м*
Длина	l	Метр	*м*
Длина волны	λ	Метр	*м*
Добротность	Q	—	—
Емкость электрическая	C	Фарада	*ф*
Индуктивность (коэффициент самоиндукции)	L	Генри	*гн*
Индуктивность взаимная (коэффициент взаимной индукции)	M	Генри	*гн*
Индукция магнитная	B	Гаусс	*гс*
Количество электричества (электрический заряд)	q	Кулон	*к*
Коэффициент модуляции	m	—	—
Коэффициент полезного действия (к. п. д.)	η	—	—
Коэффициент трансформации	n	—	—
Коэффициент усиления	K	—	—
Коэффициент усиления электронной лампы	μ	—	—
Крутизна характеристики электронной лампы	S	Миллиампер на вольт	*ма/в*
Мощность электрическая	P	Ватт	*вт*
Напряжение электрическое	U, u	Вольт	*в*
Напряженность магнитного поля	H	Эрстед	*эрс*
Напряженность электрического поля	E	Вольт на метр	*в/м*
Объем	V	Кубический метр	*м*^{3}
Период колебания	T	Секунда	*сек*
Поверхность	S	Квадратный метр	*м*^{2}
Проницаемость диэлектрическая	ε	—	—
Проницаемость магнитная (относительная)	μ	—	—
Сдвиг фаз	φ	Угол в градусах	°
Скорость линейная	v	Метр в секунду	*м/сек*
Сопротивление активное	R, r	Ом	*ом*
Сопротивление внутреннее	R_i, r_i	Ом	*ом*
Сопротивление полное	Z, z	Ом	*ом*

Продолжение

Величина	Условное обозначение	Наиболее употребительные единицы	Сокращенное обозначение единицы измерения
Сопротивление реактивное . . .	*X*, *x*	Ом	*ом*
Сопротивление удельное	ρ	Ом на метр	*ом·м*
Температура	*t*	Градус	°
Ток электрический	*I*, *i*	Ампер	*а*
Угол диэлектрических потерь .	δ	Минута	′
Частота колебаний	*f*, *F*	Герц	*гц*
Частота угловая	ω	—	—
Число витков обмотки	*w*	—	—
Электродвижущая сила (э. д. с.)	*E*, *e*	Вольт	*в*
Энергия	*W*	Ватт-час	*вт·ч*

1-3. ДЕСЯТИЧНЫЕ (МЕТРИЧЕСКИЕ) ПРИСТАВКИ

Наименование приставки	Отношение к главной единице	Сокращенное обозначение	
		русское	международное
Пико (микромикро)	10^{-12}	*п*	*p*
Нано (миллимикро)	10^{-9}	*н*	*n*
Микро	10^{-6}	*мк*	μ
Милли	10^{-3}	*м*	*m*
Санти	10^{-2}	*с*	*c*
Деци	10^{-1}	*д*	*d*
Дека	10	*да*	*da*
Гекто	10^{2}	*г*	*h*
Кило	10^{3}	*к*	*k*
Мега (мег)	10^{6}	*М*	*M*
Гига	10^{9}	*Г*	*G*
Тера	10^{12}	*Т*	*T*

1-4. МЕРЫ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЛИЧИН

Вес

1 *т* (тонна) = 10 *ц* = 1 000 *кг* = $= 10^6$ *г*
1 *ц* (центнер) = 100 *кг* = 10^5 *г*
1 *кг* (килограмм) = 1 000 *г*
1 *г* (грамм) = 1 000 *мг*
1 *мг* (миллиграмм) = 0,001 *г*

Длина

1 *км* (километр) = 1 000 *м*
1 *м* (метр) = 10 *дм*
1 *дм* (дециметр) = 10 *см* = 0,1 *м*
1 *см* (сантиметр) = 10 *мм* = 0,01 *м*
1 *мм* (миллиметр) = 1 000 *мк* = 10^{-3} *м*
1 *мк* (микрон) = 1 000 *ммк* = 10^{-6} *м*
1 *ммк* (миллимикрон) = 10 Å = $= 10^{-9}$ *м*
1 Å (ангстрем) = 1 000 *X* = 10^{-10} *м*
1 *X* (икс) = 0,001 Å = 10^{-13} *м*

Поверхность

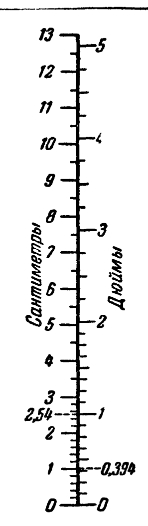
1 *га* (гектар) = 100 *а* = 10^6 *м*²
1 *а* (ар) = 100 *м*² = 10^2 *м*²
1 *м*² (квадратный метр) = 100 *дм*²
1 *дм*² (квадратный дециметр) = 100 *см*² = 0,01 *м*²
1 *см*² (квадратный сантиметр) = 100 *мм*² = 10^{-4} *м*²
1 *мм*² (квадратный миллиметр) = 0,01 *см*² = 10^{-6} *м*²

Объем

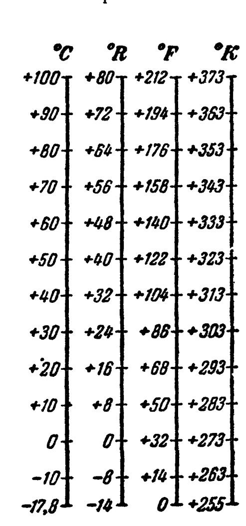
1 *м*³ (кубический метр) = 1 000 *дм*³
1 *дм*³ (кубический дециметр) = 1 000 *см*³ = 10^{-3} *м*³
1 *см*³ (кубический сантиметр) = 1 000 *мм*³ = 10^{-6} *м*³
1 *мм*³ (кубический миллиметр) = 0,001 *см*³ = 10^{-9} *м*³
1 *л* (литр) = 1 *дм*³ = 1 000 *см*³

Температура

Число градусов стоградусной шкалы (°C) = 5/4° R = 5/9 (°F—32) = °K—273
Число градусов Реомюра (°R) = 4/5° C = 4/9 (°F—32) = 4/5° K—218,4



Перевод дюймов в сантиметры.



Сравнительные шкалы градусов Цельсия, Реомюра, Фаренгейта и Кельвина.

Число градусов Фаренгейта (°F) = 9/5° C+32=9/4° R +32=9/5° K—459,5. Число градусов Кельвина (°K)—абсолютная температура=°C +273= =5/4° R+273=5/9° F+255,2. Абсолютный нуль=0° K=—273,2 C

Время

1 сутки=24 *ч*=86 400 *сек*
1 *ч*=60 *мин*=3 600 *сек*
1 *мин* (минута)=1/1 440 суток=60 *сек*
1 *сек* (секунда)=1 000 *мсек*
1 *мсек* (миллисекунда)=1 000 *мксек*=10^{-3} *сек*
1 *мксек* (микросекунда)=0,001 *мсек*=10^{-6} *сек*

Давление

1 *ат* (атмосфера техническая)=1 *кГ/см*^{2}=735,66 *мм рт. ст.*
1 *мм рт. ст.* (миллиметр ртутного столба)=1,36 *Г/см*^{2}
Атмосферное давление=760 *мм рт. ст.*=1,033 *кГ/см*^{2}

Ток

1 *ка* (килоампер)=1 000 *а*=10^3 *а*
1 *а* (ампер)=1 000 *ма*
1 *ма* (миллиампер)=1 000 *мка*=10^{-3} *а*
1 *мка* (микроампер)=0,001 *ма*=10^{-6} *а*

Напряжение и э. д. с.

1 *кв* (киловольт)=1 000 *в*=10^3 *в*
1 *в* (вольт)=1 000 *мв*
1 *мв* (милливольт)=1 000 *мкв*=10^{-3} *в*
1 *мкв* (микровольт)=0,001 *мв*=10^{-6} *в*

Сопротивление

1 *Мом* (мегом)=1 000 *ком*=10^6 *ом*
1 *ком* (килоом)=1 000 *ом*=10^3 *ом*
1 *ом* (ом)=0,001 *ком*

Мощность

1 *квт* (киловатт)=1 000 *вт*=10^3 *вт*
1 *вт* (ватт)=1 000 *мвт*
1 *мвт* (милливатт)=1 000 *мквт*=10^{-3} *вт*
1 *мквт* (микроватт)=0,001 *мвт*=10^{-6} *вт*
1 *вт*=1 *дж* (джоуль) в 1 *сек*=10^7 *эрг* в 1 *сек*
1 *квт*=102 *кГ/м* в 1 *сек*=1,36 *л. с.* (лошадиной силы)

Работа и энергия

1 *квт·ч* (киловатт-час)=10 *гвт·ч*
1 *гвт·ч* (гектоватт-час)=100 *вт·ч*
1 *вт·ч* (ватт-час)=3 600 *вт·сек* (ватт-секундам)
1 *дж* (джоуль)=1 *вт·сек*
1 *эрг*=10^{-7} *вт·сек*
1 *кГ/м* (килограммометр)=9,81 *вт·сек*
1 *ккал* (килокалория)=1,16 *вт·ч*

Емкость

1 *ф* (фарада)=10^6 *мкф*
1 *мкф* (микрофарада)=10^6 *пф*=10^{-6} *ф*

1 *пф* (пикофарада)$=10^{-6}$ *мкф*$=10^{-12}$ *ф*$=0,9$ *см*
1 *см* (сантиметр)$=1,11$ *пф*$=1,11\cdot10^{-6}$ *мкф*$=1,11\cdot10^{-12}$ *ф*

Индуктивность

1 *гн* (генри)$=1000$ *мгн*
1 *мгн* (миллигенри)$=1\,000$ *мкгн*$=10^{-3}$ *гн*
1 *мкгн* (микрогенри)$=10^{-3}$ *мгн*$=10^{-6}$ *гн*$=1\,000$ *см*
1 *см* (сантиметр)$=10^{-3}$ *мкгн*$=10^{-6}$ *мгн*$=10^{-9}$ *гн*

Частота

1 *Мгц* (мегагерц)$=1\,000$ *кгц*$=10^{6}$ *гц*
1 *кгц* (килогерц)$=1\,000$ *гц*$=10^{3}$ *гц*
1 *гц* (герц)$=10^{-3}$ *кгц*$=10^{-6}$ *Мгц*

ГЛАВА ВТОРАЯ

МАТЕМАТИКА

2-1. НЕКОТОРЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ЗНАКИ И СИМВОЛЫ

$\div$	от—до
$\neq$	не равно
$\approx$	примерно равно
$<$	меньше
$>$	больше
$\leqslant$	меньше или равно
$\geqslant$	больше или равно
$\ll$	много меньше
$\gg$	много больше
$\to$	стремится к . . .
π	пи (отношение длины окружности к диаметру)
$^\circ$	градус
$'$	минута
$''$	секунда
Σ	сумма
$\sqrt{\ }$	корень из
d	дифференциал
$\int$	интеграл
$\mid\ \mid$	абсолютная величина
Δ	дельта (небольшое изменение)
$\overset{\frown}{AB}$	дуга *AB*
lim	предел
∞	бесконечность
log	логарифм (при любом основании)
lg	логарифм десятичный
ln	логарифм натуральный
sin	синус
cos	косинус
tg	тангенс
ctg	котангенс
arc	дуга, угол
e	основание натуральных логарифмов

Важные значения π

$\pi=3,14$ (3,14159 . . .)
$2\pi=6,28$ (6,2832 . . .)
$\pi^2=9,87$ (9,8696 . . .)
$\pi^3=31$ (31,0063 . . .)
$\lg\pi=0,5$ (0,49715 . . .)
$\pi/_2=1,57$ (1,5708 . . .)
$\pi/_3=1,05$ (1,0472 . . .)
$\pi/_4=0,78$ (0,7854 . . .)
$\sqrt{\pi}=1,77$ (1,7724 . . .)
$\sqrt[3]{\pi}=1,46$ (1,4645 . . .)

2-2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ДЕЙСТВИЙ С ЧИСЛАМИ

Действия с нулем

$$a+0=0;\quad a-0=a;\quad a\cdot0=0\cdot a=0;\quad \frac{0}{a}=0;\quad \frac{a}{0}=\infty$$

Средние значения

Среднее арифметическое n величин $= \dfrac{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n}{n}$

Среднее арифметическое двух величин $= \dfrac{a_1 + a_2}{2}$

Среднее геометрическое n величин $= \sqrt[n]{a_1 a_2 a_3 \ldots a_n}$

Среднее геометрическое двух величин $= \sqrt{a_1 a_2}$

2-3. СТЕПЕНИ И КОРНИ

	Примеры
♦ $a^n = \overbrace{aaa \ldots a}^{n \text{ раз}}$	$5^3 = 5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$
$10^n = \overbrace{10 \cdot 10 \cdot 10 \ldots 10}^{n \text{ раз}} = \overbrace{1\,000 \ldots 0}^{n \text{ нулей}}$	$10^5 = 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 = 100\,000$
$a^1 = a$	$5^1 = 5$
$a^0 = 1$	$20^0 = 1$
$a^{-n} = \dfrac{1}{a^n}$	$5^{-2} = \dfrac{1}{5^2} = 0{,}04$
$a^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a}$	$27^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{27} = 3$
$a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m}$	$4^{\frac{3}{2}} = \sqrt{4^3} = 8$

Действия со степенями и корнями

	Примеры
$(abc \ldots)^n = a^n b^n c^n \ldots$	$(2 \cdot 4 \cdot 5)^2 = 2^2 \cdot 4^2 \cdot 5^2 = 1\,600$
$\left(\dfrac{a}{b}\right)^n = \dfrac{a^n}{b^n}$	$\left(\dfrac{2}{4}\right)^3 = \dfrac{2^3}{4^3} = 0{,}125$
$a^n b^n c^n \ldots = (abc \ldots)^n$	$2^3 \cdot 3^3 \cdot 4^3 = (2 \cdot 3 \cdot 4)^3 = 13\,824$
$\dfrac{a^n}{b^n} = \left(\dfrac{a}{b}\right)^n$	$\dfrac{4^2}{2^2} = \left(\dfrac{4}{2}\right)^2 = 4$
$a^m a^n = a^{m+n}$	$3^2 \cdot 3^3 = 3^{2+3} = 3^5 = 243$

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} \qquad \frac{10^4}{10^2} = 10^{4-2} = 10^2 = 100$$

$$(a^m)^n = a^{mn} \qquad (2^2)^3 = 2^{2\cdot 3} = 2^6 = 64$$

$$\sqrt[n]{abc} = \sqrt[n]{a}\,\sqrt[n]{b}\,\sqrt[n]{c} \qquad \sqrt{4\cdot 9\cdot 25} = \sqrt{4}\cdot\sqrt{9}\cdot\sqrt{25} = 30$$

$$\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} \qquad \sqrt[3]{\frac{8}{27}} = \frac{\sqrt[3]{8}}{\sqrt[3]{27}} = \frac{2}{3}$$

$$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}} \qquad \frac{\sqrt{16}}{\sqrt{25}} = \sqrt{\frac{16}{25}} = \frac{4}{5}$$

$$(\sqrt[n]{a})^m = \sqrt[n]{a^m} \qquad (\sqrt{25})^3 = \sqrt{25^3} = 125$$

2-4. ФОРМУЛЫ СОКРАЩЕННОГО УМНОЖЕНИЯ

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 \qquad (a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 \qquad (a-b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

$$a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$$

$$a^3 + b^3 = (a+b)(a^2 - ab + b^2) \qquad a^3 - b^3 = (a-b)(a^2 + ab + b^2)$$

2-5. ЛОГАРИФМЫ

Логарифм числа x при основании A, т. е. $\log_A x$, есть показатель степени n, в которую нужно возвести основание A, чтобы получить число x:

$$x = A^n; \quad \log_A x = n.$$

Пример. $25 = 5^2$; $\log_5 25 = 2$.

Натуральный логарифм (обозначается $\ln x$) есть логарифм числа x при основании $e = 2{,}718^* \ldots$:

$$x = e^n; \quad \ln x = n.$$

Пример. $4{,}5 = e^{1{,}5}$; $\ln 4{,}5 = 1{,}5$.

Десятичный логарифм ($\log_{10} x$, обозначается $\lg x$) есть логарифм числа x при основании 10:

$$x = 10^n; \quad \lg x = n.$$

Пример. $x = 10^3$; $\lg x = 3$.

Логарифм состоит из целой части — *характеристики* и дробной части — *мантиссы*.

---

* Число $e = 2{,}718\ldots$ часто встречается в радиотехнике в выражениях для затухания, заряда и разряда конденсатора, токов замыкания и размыкания в катушках, нагрева и охлаждения, тока эмиссии и т. д.

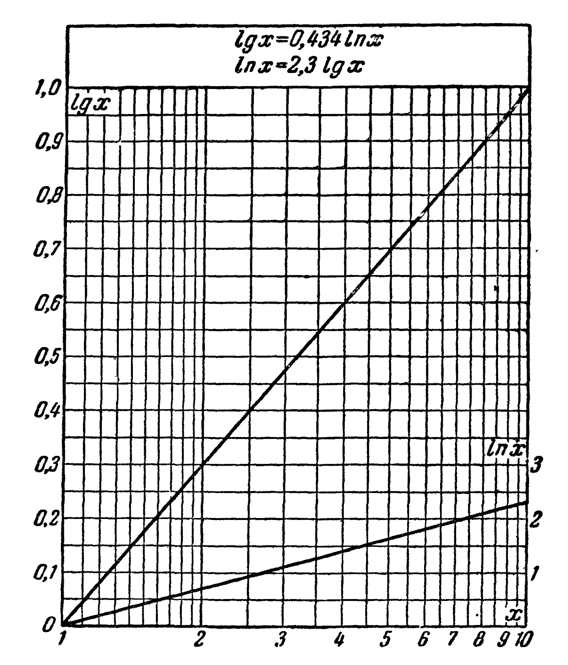


График для нахождения логарифма числа.

Характеристика десятичного логарифма представляет собой цифру, на единицу меньшую, чем количество знаков в целой части числа.

Характеристика числа, меньшего единицы, отрицательна; число единиц в ней равно количеству нулей, стоящих влево от первой значащей цифры, включая „нуль целых" (например, $\lg 0{,}45 = \bar{1}{,}65$; $\lg 0{,}045 = \bar{2}{,}65$).

Для натуральных логарифмов характеристика умножается на коэффициент $n = 2{,}3$.

Мантисса находится из графика или разыскивается в специальных таблицах.

Логарифмирование позволяет упростить математические действия. Для этого числа заменяются их логарифмами, для которых затем применяются сложение вместо умножения, вычитание вместо деления, умножение вместо возведения в степень и деление вместо извлечения корня.

$$\lg ab = \lg a + \lg b \qquad \lg 5\cdot 8 = \lg 5 + \lg 8$$

$$\lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b \qquad \lg \frac{3}{5} = \lg 3 - \lg 5$$

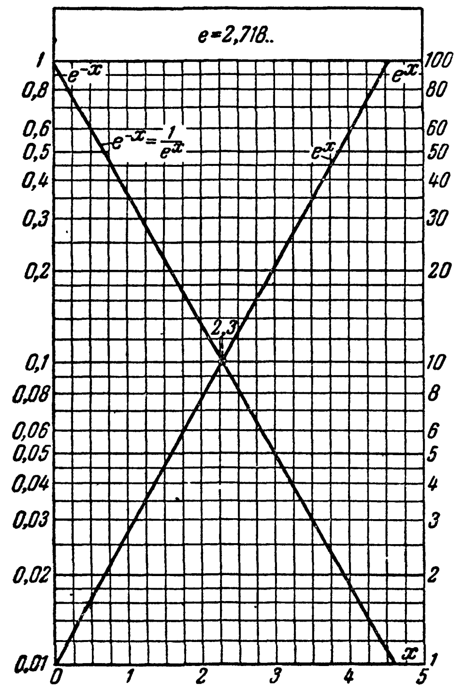


График для определения величин e^x и e^{-x}.

$$\lg a^n = n \lg a \quad \lg 6^3 = 3 \lg 6$$

$$\lg \frac{1}{a^n} = \lg a^{-n} = -n \lg a$$

$$\lg \frac{1}{4^3} = -3 \lg 4$$

$$\lg \sqrt{a} = \lg a^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{2} \lg a$$

$$\lg \sqrt{7} = \frac{1}{2} \lg 7$$

$$\lg \sqrt[n]{a^m} = \lg a^{\frac{m}{n}} = \frac{m}{n} \lg a$$

$$\lg \sqrt[3]{8^2} = \frac{2}{3} \lg 8$$

Для получения результатов расчета после логарифмирования производится обратное действие — потенцирование, т. е. определение числа по найденному логарифму.

Логарифм с отрицательной характеристикой и положительной мантиссой можно преобразовать в отрицательное число, и наоборот. Для этого цифру, выражающую характеристику, в первом случае уменьшают, а во-втором увеличивают на единицу. Мантиссу в обоих случаях вычитают из единицы. Например $\bar{2},5105 = -1,4895$ или $-6,1698 = \bar{7},8302$.

Пример 1. $\lg 4,5 = 0,65$ (логарифмы чисел от 1 до 10 находятся непосредственно из графика).

Пример 2. $\lg 5\,250 = ?$

Характеристика (по определению) $= 3$, а мантисса (по графику для $x = 5,25$) $\approx 0,73$. Отсюда $\lg 5\,250 = 3 + 0,73 = 3,73$.

Пример 3. $\ln 4,5 = 1,5$ (непосредственно из графика).

Пример 4. $\ln 5\,250 = ?$

Характеристика (по определению) $= 3\,n$, а мантисса (по графику для $x = 5,25$) $\approx 1,7$.

Отсюда $\ln 5\,250 = 3n + 1,7 = 3 \cdot 2,3 + 1,7 = 8,6$.

Пример 5. $x = 5\,250 \cdot 4,5$.

Значит, $\lg x = \lg 5\,250 + \lg 4,5 = 3,73 + 0,65 = 4,38$.

Отсюда по графику для $\lg x = 0,38$ находим значение $x = 2,4$.

Так как характеристика равна 4, то количество знаков искомого числа равно 5. Следовательно, $x \approx 24\,000$.

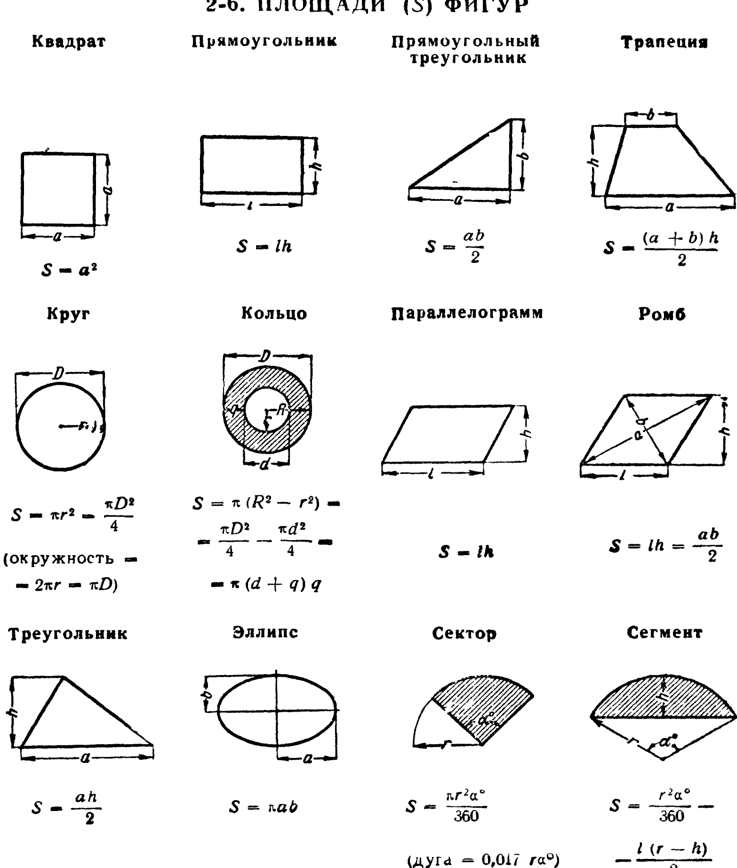
Пример 6.

$$x = \frac{250}{0{,}05}.$$

$$\lg x = \lg 250 - \lg 0{,}05 = 2{,}4 - \bar{2}{,}7 = 2{,}4 - (-2) - 0{,}7 = 3{,}7.$$

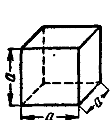
Следовательно, $x = 5\,000$.

2-6. ПЛОЩАДИ (S) ФИГУР



2-7. ПОВЕРХНОСТИ (S) И ОБЪЕМЫ (V)

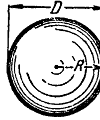
Куб



$S = 6a^2$

$V = a^3$

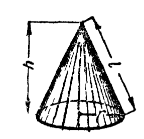
Шар



$S = 4\pi R^2 = \pi D^2$

$V = \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{\pi D^3}{6}$

Конус

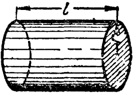


$S_{бок} = \pi rl$

$S_{полн} = \pi r(l + r)$

$V = \frac{\pi r^2 h}{3}$

Цилиндр



$S_{бок} = 2\pi rl$

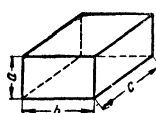
$V = \pi r^2 l$

$S_{полн} = 2\pi r(l + r)$

Полый цилиндр (труба)

$V = \pi(R^2 - r^2)l = \frac{\pi l}{4}(D^2 - d^2)$

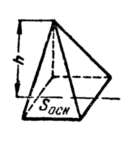
Параллелепипед



$S = 2(ab + ac + bc)$

$V = abc$

Пирамида



$V = \frac{S_{осн} h}{3}$

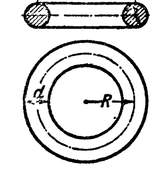
Усеченный конус

$S_{бок} = \pi l(R + r)$

$S_{полн} = \pi[R^2 + r^2 + l(R + r)]$

$V = \frac{\pi h}{3}(R^2 + r^2 + Rr)$

Тор („баранка")



$S = 4\pi^2 Rr = \pi^2 Dd$

$V = \frac{\pi^2 Dd^2}{4} = 2\pi^2 Rr^2$

2-8. УГЛОВЫЕ МЕРЫ

Углы выражаются в градусных и дуговых мерах.

Градусные меры. Единицей в этих мерах служит градус (°), т. е. $1/_{90}$ часть прямого угла. В соответствии с этим полная окружность содержит 360°.

$1° = 60'$ (минут); $1' = 60''$ (секунд); прямой угол $= 90°$.

Дуговые меры. Единицей в этих мерах служит радиан — угол, у которого длина дуги равна радиусу. В градусной мере 1 радиан $= \frac{360}{2\pi} = 57°17'44{,}8''$.

Угол в радианах выражается отвлеченным числом, которое дает отношение данного угла к радиану (т. е. показывает, сколько радианов содержится в данном угле).

Пересчет градусов в радианы

Угол α в радианах равен числу 0,0175, умноженному на угол в градусах (например, угол $\alpha = 20°$, выраженный в радианах, равен $0{,}0175 \cdot 20 = 0{,}35$).

Угол α в градусах равен числу 57, умноженному на угол в радианах (например, угол $\alpha = 1{,}5$ радиана, выраженный в градусах, равен $57 \cdot 1{,}5 = 85{,}5°$).

Важнейшие углы	
в градусах	в радианах
1°	0,0175
57,3°	1
90°	$\pi/2$, или 1,57
180°	π, или 3,14
270°	$3\pi/2$, или 4,71
360°	2π, или 6,28

2-9. ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ УГЛА

Основные тригонометрические функции: синус (sin), косинус (cos); тангенс (tg); котангенс (ctg).

Для острого угла

$$\frac{a}{c} = \sin\alpha; \quad \frac{b}{c} = \cos\alpha$$

$$\frac{a}{b} = \operatorname{tg}\alpha; \quad \frac{b}{a} = \operatorname{ctg}\alpha$$

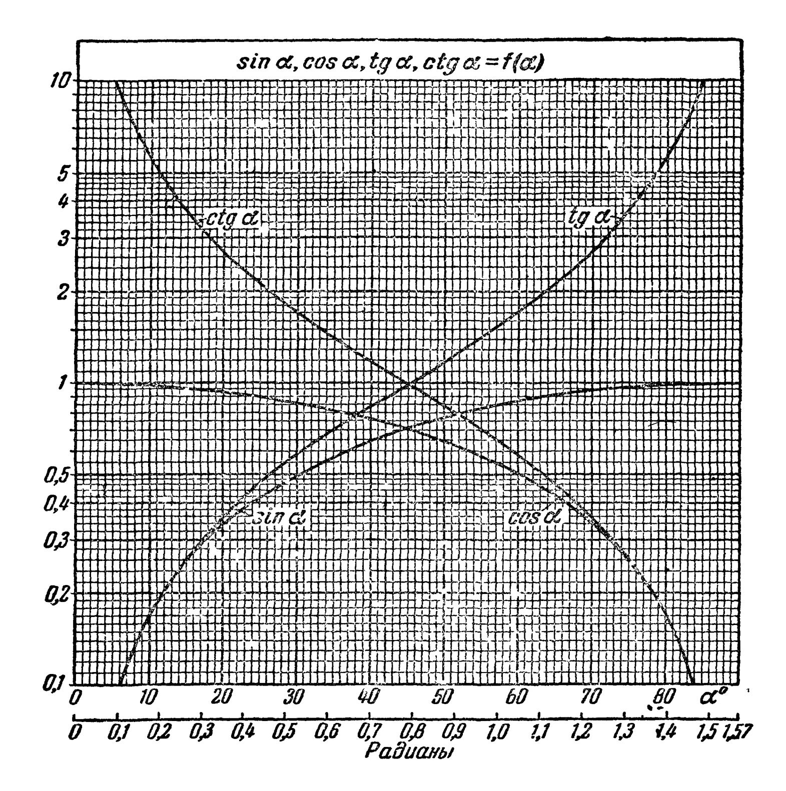
$$\sin\alpha = \cos(90 - \alpha)$$
$$\cos\alpha = \sin(90 - \alpha)$$
$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{ctg}(90 - \alpha)$$
$$\operatorname{ctg}\alpha = \operatorname{tg}(90 - \alpha)$$

Значения тригонометрических функций для важнейших углов

Угол α	sin	cos	tg	ctg
0°	0	1	0	∞
30°	0,5	$\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0{,}866$	$\frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0{,}577$	$\sqrt{3} \approx 1{,}732$
45°	$\frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0{,}707$	$\frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0{,}707$	1	1
60°	$\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0{,}866$	0,5	$\sqrt{3} \approx 1{,}732$	$\frac{\sqrt{3}}{3} \approx 0{,}577$
90°	1	0	∞	0

Значения тригонометрических функций для углов от 0 до 90°

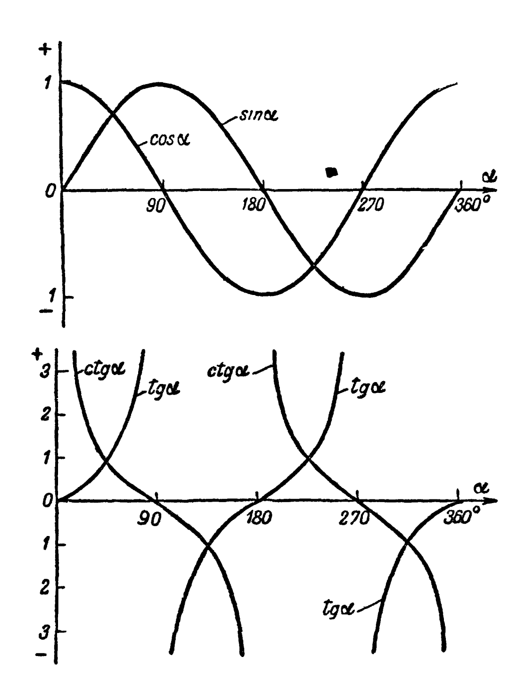
Если угол больше 90°, но меньше 360°, то его тригонометрические функции определяются следующим образом:



находится разность между данным углом и ближайшим к нему из углов 180 или 360° и затем вычисляется нужная функция от этой разности; перед результатом ставится знак + или — (по таблице).

Функция	Величина угла			Функция	Величина угла		
	90÷180°	180÷270°	270÷360°		90÷180°	180÷270°	270÷360°
sin	+	—	—	tg	—	+	—
cos	—	—	+	ctg	—	+	—

Примеры: sin 300° = — sin 60° (так как 360° — 300° = 60°);
cos 145° = — cos 35° (так как 180° — 145° = 35°);
tg 230° = + tg 50° (так как 230° — 180° = 50°).



Для малых углов (до 10°) значения длины дуги (т. е угол в радианах), синуса и тангенса практически одинаковы и изменяются прямо пропорционально углу.

$$\alpha \text{ (радиан)} \approx \sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha$$

α°	1	2	3	4		10
α радиан .	0,0175	0,035	0,052	0,07		0,175
sin α . . .	0,0175	0,035	0,052	0,07		0,174
tg α . . .	0,0175	0,035	0,052	0,07		0,176

Угол 1′ в радианах ≈ 0,003.

Значения некоторых тригонометрических функций, встречающихся в радиотехнических расчетах

$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cdot\cos\beta - \sin\alpha\cdot\sin\beta$, $\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cdot\cos\beta + \cos\alpha\cdot\sin\beta$;

$$\cos\alpha\cdot\cos\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)+\cos(\alpha+\beta)];\ \sin\alpha\cdot\sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta) -$$

$$-\cos(\alpha+\beta)];\quad \cos^2\alpha = \frac{1}{2}+\frac{1}{2}\cos 2\alpha;\quad \sin^2\alpha = \frac{1}{2}-\frac{1}{2}\cos 2\alpha;$$

$$\cos^3\alpha = \frac{3}{4}\cos\alpha + \frac{1}{4}\cos 3\alpha;\ \sin^3\alpha = \frac{3}{4}\sin\alpha - \frac{1}{4}\sin 3\alpha;$$

$$\cos^2\alpha + \sin^2\alpha = 1.$$

2-10. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

1. Если приближенное число содержит лишние или неверные знаки, то его следует округлить. При округлении сохраняются только верные знаки, лишние знаки отбрасываются, причем если первая отбрасываемая цифра больше 4, то последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу. Если отбрасываемая часть состоит только из одной цифры 5, то округляют обычно так, чтобы последняя цифра оставалась четной.

Примеры: $73,54 \approx 73,5$; $73,55 \approx 73,6$;
$0,7345 \approx 0,734$, $99,96 \approx 100,0$;
$73\,542 \approx 735\cdot 10^2$.

2. При сложении и вычитании приближенных чисел в результате следует сохранять столько десятичных знаков, сколько их имеется в приближенном числе, с наименьшим количеством десятичных знаков.

Пример. $274,1 + 87,43 \approx 361,5$.

3. При умножении и делении в результате следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет приближенное число с наименьшим количеством значащих цифр (без нулей).

Примеры. $3,2\cdot 12,56 = 40,192 \approx 40,2$; $\frac{243,25}{11,2} \approx 21,7$.

4. При возведении в квадрат и куб в результате следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет возводимое в степень приближенное число.

Пример. $3,14^2 = 9,8596 \approx 9,87$.

5. При извлечении квадратного или кубического корня в результате следует брать столько значащих цифр, сколько их имеет подкоренное приближенное число.

Пример. $\sqrt{31} = 5,4772 \approx 5,5$.

6. Если некоторые приближенные числа имеют больше десятичных знаков (при сложении или вычитании) или больше значащих цифр (при умножении, делении, возведении в степень, извлечении корня), чем другие, то их предварительно следует округлять, сохраняя только одну лишнюю цифру.

Примеры. $103,7 - 21,3385 \approx 103,7 - 21,34 \approx 82,4$;
$1,2\cdot 37,82\cdot 27,425 \approx 1,2\cdot 37,8\cdot 27,4 \approx 1,2\cdot 10^3$;

$$\frac{4,3}{0,63452} \approx \frac{4,3}{0,634} \approx 6,8.$$

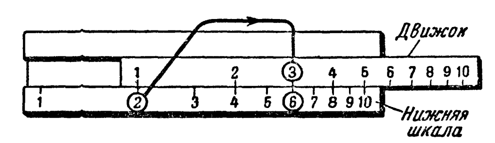
2-11. ЛОГАРИФМИЧЕСКАЯ ЛИНЕЙКА

Логарифмическая линейка, устройство которой основано на использовании свойств логарифмов, позволяет быстро производить вычисления с точностью до трех знаков, вполне достаточной для большинства радиотехнических расчетов.

Основные и простейшие вычисления при ее помощи — умножение и деление.

Умножение. Умножить 2 на 3.

Передвигаем движок так, чтобы цифра 1 на движке пришлась против цифры 2 на нижней шкале линейки; тогда против цифры 3 на шкале движка читаем на нижней шкале линейки ответ: 6.



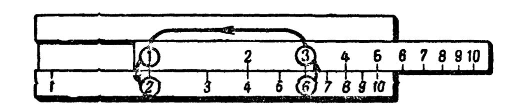
Для многозначных чисел порядок действия такой же.

Если при перемножении движок выдвигается вправо, то число знаков в целой части произведения равно сумме чисел знаков сомножителей минус единица. Например, $20 \times 40 = 800$ (в множимом и множителе по два знака, сумма знаков — четыре, значит в произведении будет на один знак меньше, т. е. три знака).

Если движок выдвигается влево, то число знаков в произведении равно сумме чисел знаков сомножителей ($30 \times 4 = 120$).

Деление. Разделить 6 на 3.

Передвигаем движок так, чтобы цифра 3 на шкале движка пришлась против цифры 6 на нижней шкале линейки; тогда против цифры 1 на шкале движка читаем на нижней шкале линейки ответ: 2.



Для многозначных чисел порядок действия такой же.

Если при делении движок выходит направо, то число знаков в целой части частного равно разности чисел знаков делимого и делителя плюс единица ($80:4 = 20$).

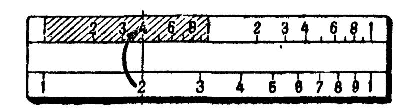
Если движок выходит налево, то число знаков частного равно разности чисел знаков делимого и делителя ($40 : 5 = 8$).

На практике при вычислениях при помощи линейки ответ обычно приближенно прикидывается в уме и, таким образом, определяется число знаков в произведении или в частном.

Возведение в квадрат. Возвести в квадрат 2.

Установим визирную линию бегунка (подвижной рамки) на число 2 на нижней шкале линейки; тогда результат прочтем на верхней шкале линейки.

Если квадрат числа находится в правой половине верхней шкалы, то число знаков в его целой части равно удвоенному количеству знаков числа, возводимого в квадрат. Если квадрат находится в



ПРЕДИСЛОВИЕ

Издательство выпускает второе издание „Справочника радиолюбителя“ с учетом пожеланий, высказанных на многочисленных конференциях читателей, проведенных редакцией „Массовой радиобиблиотеки“.

В данном издании читатели найдут новые главы: прием телевидения и запись и воспроизведение звука. Существенно переработана и расширена глава „Радиовещательные приемники“. Глава „Приемно-усилительные лампы“ значительно расширена за счет материалов о полупроводниковых приборах и называется теперь „Электровакуумные и полупроводниковые приборы“. В главу четвертую введен новый материал о приемных антеннах радиовещательного диапазона. В остальных главах книга не претерпела существенных изменений.

Главная цель справочника остается прежней — дать радиолюбителю основные справочные сведения по вопросам расчета и конструирования радиоаппаратуры.

Справочник рассчитан на подготовленного читателя и поэтому не содержит ни описаний физических процессов, происходящих в радиоприемнике, ни принципов действия тех или иных схем. Все справочные сведения приводятся по возможности сжато — в виде формул, таблиц, графиков, номограмм и схем. Расчетные формулы насколько возможно упрощены, обеспечивая, однако, точность, достаточную для радиолюбительской практики.

В составлении „Справочника радиолюбителя“ приняли участие: Бурлянд В. А., Ганзбург М. Д., Ельяшкевич С. А., Загик С. Е., Корольков В. Г., Куликовский А. А., Левитин Е. А., Сутягин В. Я., Тарасов Ф. И. и Чечик П. О.

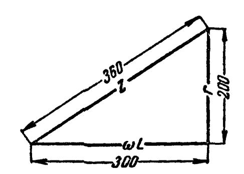
Редакция и составители рассчитывают на дальнейшую помощь читателей и просят сообщать свои критические замечания и пожелания по адресу: Москва Ж-114, Шлюзовая набережная, 10, Госэнергоиздат, редакция „Массовой радиобиблиотеки“.

пользоваться надо левой половиной верхней шкалы. Ответ (на нижней шкале линейки): один-четыре-один-четыре. Так как групп две, то искомое число равно 14,14.

Пример 2. $\sqrt{0{,}000002}$. Число 0,000002 меньше единицы и разбивается на три группы. В группе, идущей за сплошными нулями, одна значащая цифра, следовательно пользоваться надо левой половиной верхней шкалы. Число групп со сплошными нулями — две. Ответ: 0,001414.

2-12 ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ВЫЧИСЛЕНИЙ

Часто встречающиеся вычисления вида $x = \sqrt{a^2+b^2}$ (например при суммировании активного и реактивного сопротивлений) можно быстро решить графическим способом. Для этого на миллиметровой бумаге строится прямоугольный треугольник, у которого катеты откладываются в определенном масштабе; тогда гипотенуза даст искомую величину x в том же масштабе.



Пример. Определить полное сопротивление Z дросселя с $L = 1$ *гн* и $r = 200$ *ом* при частоте 50 *гц*.

$$Z = \sqrt{(\omega L)^2 + r^2};\ \omega L = 2\pi f L = 6{,}28 \cdot 50 \cdot 1 =$$

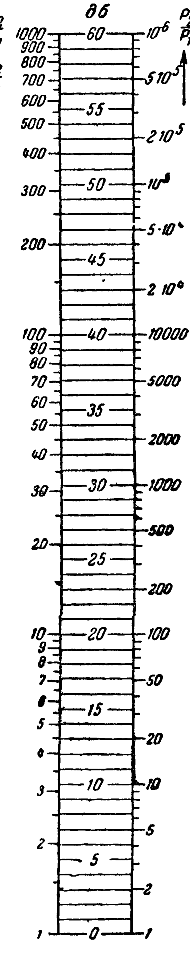
$$= 314 \approx 300;$$

$$Z \approx \sqrt{300^2 + 200^2} \approx 360.$$

2-13. ДЕЦИБЕЛЫ

Децибел — логарифмическая единица измерения, используемая для измерения отношения двух значений какой-либо величины или для выражения усиления или ослабления этой величины.

В радиотехнике децибелы применяются для измерения усиления, т. е. отношения напряжений, токов или мощностей, в акустике — для измерения звукового давления или уровня громкости, т. е. отношения звуковых давлений или громкостей.



Усиление (или ослабление)	в числовом выражении	в децибелах
По мощности (а также громкости и силе звука)	в $\frac{P_1}{P_2}$ раз	на $10 \lg \frac{P_1}{P_2}$ *дб*
По напряжению (а также звуковому давлению)	в $\frac{U_1}{U_2}$ раз	на $20 \lg \frac{U_1}{U_2}$ *дб*
По току	в $\frac{I_1}{I_2}$ раз	на $20 \lg \frac{I_1}{I_2}$ *дб*

Пример 1. Усиление по напряжению в 100 раз (т. е. отношение напряжений 100 : 1) в децибелах = 20 lg 100 = 20·2 = 40 *дб*.

Пример 2. Усиление по мощности в 1 000 раз (т. е. отношение мощностей 1 000 : 1) в децибелах = 10 lg 1 000 = 10·3 = 30 *дб*.

Если нужно показать, что одна величина меньше другой, с которой она сравнивается (отношение меньше единицы), то перед числом децибел ставится знак минус.

Пример. Отношение напряжений 1:10 (ослабление в 10 раз) в децибелах $= 20 \lg \frac{1}{10} = 20(-1) = -20$ *дб*.

2-14. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

В таблице даны квадраты, кубы, корни квадратные и кубические, обратные величины, длины окружностей и площади кругов для чисел x от 1 до 100.

x	x^2	x^3	$\sqrt{x}$	$\sqrt[3]{x}$	$\frac{1}{x}$	πx	$\frac{\pi x^2}{4}$
0	0	0	0,0000	0,0000	∞	0,00	0,00
1	1	1	1,0000	1,0000	1,00000	3,14	0,79
2	4	8	1,4142	1,2599	0,50000	6,28	3,14
3	9	27	1,7321	1,4422	0,33333	9,42	7,07
4	16	64	2,0000	1,5874	0,25000	12,57	12,57
5	25	125	2,2361	1,7100	0,20000	15,71	19,64
6	36	216	2,4495	1,8171	0,16667	18,85	28,27
7	49	343	2,6458	1,9129	0,14286	21,99	38,48
8	64	512	2,8284	2,0000	0,12500	25,13	50,26
9	81	729	3,0000	2,0801	0,11111	28,27	63,62
10	100	1 000	3,1623	2,1544	0,10000	31,42	78,54
11	121	1 331	3,3166	2,2240	0,09091	34,56	95,03
12	144	1 728	3,4641	2,2894	0,08333	37,70	113,10
13	169	2 197	3,6056	2,3513	0,07692	40,84	132,73
14	196	2 744	3,7417	2,4101	0,07143	43,98	153,94
15	225	3 375	3,8730	2,4662	0,06667	47,12	176,71

Продолжение

x	x^2	x^3	$\sqrt{x}$	$\sqrt[3]{x}$	$\frac{1}{x}$	πx	$\frac{\pi x^2}{4}$
16	256	4 096	4,0000	2,5198	0,06250	50,27	201,06
17	289	4 913	4,1231	2,5713	0,05882	53,41	226,98
18	324	5 832	4,2426	2,6207	0,05556	56,55	254,47
19	361	6 859	4,3589	2,6684	0,05263	59,69	283,53
20	400	8 000	4,4721	2,7144	0,05000	62,83	314,16
21	441	9 261	4,5826	2,7589	0,04762	65,97	346,36
22	484	10 648	4,6904	2,8020	0,04545	69,12	380,13
23	529	12 167	4,7958	2,8439	0,04348	72,26	415,48
24	576	13 824	4,8990	2,8845	0,04167	75,40	452,39
25	625	15 625	5,0000	2,9240	0,04000	78,54	490,87
26	676	17 576	5,0990	2,9625	0,03846	81,68	530,93
27	729	19 683	5,1962	3,0000	0,03704	84,82	572,56
28	784	21 952	5,2915	3,0366	0,03571	87,96	615,75
29	841	24 389	5,3852	3,0723	0,03448	91,11	660,52
30	900	27 000	5,4772	3,1072	0,03333	94,25	706,86
31	961	29 791	5,5678	3,1414	0,03226	97,39	754,77
32	1 024	32 768	5,6569	3,1748	0,03125	100,5	804,25
33	1 089	35 937	5,7446	3,2075	0,03030	103,7	855,30
34	1 156	39 304	5,8310	3,2396	0,02941	106,8	907,92
35	1 225	42 875	5,9161	3,2711	0,02857	110,0	962,11
36	1 296	46 656	6,0000	3,3019	0,02778	113,1	1017,9
37	1 369	50 653	6,0828	3,3322	0,02703	116,2	1075,2
38	1 444	54 872	6,1644	3,3620	0,02632	119,4	1134,1
39	1 521	59 319	6,2450	3,3912	0,02564	122,5	1194,6
40	1 600	64 000	6,3246	3,4200	0,02500	125,7	1256,6
41	1 681	68 921	6,4031	3,4482	0,02439	128,8	1320,3
42	1 764	74 088	6,4807	3,4760	0,02381	131,9	1385,4
43	1 849	79 507	6,5574	3,5034	0,02326	135,1	1452,2
44	1 936	85 184	6,6332	3,5303	0,02273	138,2	1520,5
45	2 025	91 125	6,7082	3,5569	0,02222	141,4	1590,4
46	2 116	97 336	6,7823	3,5830	0,02174	144,5	1661,9
47	2 209	103 823	6,8557	3,6088	0,02128	147,7	1734,9
48	2 304	110 592	6,9282	3,6342	0,02083	150,8	1809,6
49	2 401	117 649	7,0000	3,6593	0,02041	153,9	1885,7
50	2 500	125 000	7,0711	3,6840	0,02000	157,1	1963,5
51	2 601	132 651	7,1414	3,7084	0,01961	160,2	2042,8
52	2 704	140 608	7,2111	3,7325	0,01923	163,4	2123,7
53	2 809	148 877	7,2801	3,7563	0,01887	166,5	2206,2
54	2 916	157 464	7,3485	3,7798	0,01852	169,6	2290,2
55	3 025	166 375	7,4162	3,8030	0,01818	172,8	2375,8

Продолжение

x	x^2	x^3	$\sqrt{x}$	$\sqrt[3]{x}$	$\frac{1}{x}$	πx	$\frac{\pi x^2}{4}$
56	3 136	175 616	7,4833	3,8259	0,01786	175,9	2463,0
57	3 249	185 193	7,5498	3,8485	0,01754	179,1	2551,8
58	3 364	195 112	7,6158	3,8709	0,01724	182,2	2642,1
59	3 481	205 379	7,6811	3,8930	0,01695	185,4	2734,0
60	3 600	216 000	7,7460	3,9149	0,01667	188,5	2827,4
61	3 721	226 981	7,8102	3,9365	0,01639	191,6	2922,5
62	3 844	238 328	7,8740	3,9579	0,01613	194,8	3019,1
63	3 969	250 047	7,9373	3,9791	0,01587	197,9	3117,2
64	4 096	262 144	8,0000	4,0000	0,01563	201,1	3217,0
65	4 225	274 625	8,0623	4,0207	0,01538	204,2	3318,3
66	4 356	287 496	8,1240	4,0412	0,01515	207,3	3421,2
67	4 489	300 763	8,1854	4,0615	0,01493	210,5	3525,7
68	4 624	314 432	8,2462	4,0817	0,01471	213,6	3631,7
69	4 761	328 509	8,3066	4,1016	0,01449	216,8	3739,3
70	4 900	343 000	8,3666	4,1213	0,01429	219,9	3848,5
71	5 041	357 911	8,4261	4,1408	0,01408	223,1	3959,2
72	5 184	373 248	8,4853	4,1602	0,01389	226,2	4071,5
73	5 329	389 017	8,5440	4,1793	0,01370	229,3	4185,4
74	5 476	405 224	8,6023	4,1983	0,01351	232,5	4300,8
75	5 625	421 875	8,6603	4,2172	0,01333	235,6	4417,9
76	5 776	438 976	8,7178	4,2358	0,01316	238,8	4536,5
77	5 929	546 533	8,7750	4,2543	0,01299	241,9	4656,6
78	6 084	474 552	8,8318	4,2727	0,01282	245,0	4778,4
79	6 241	493 039	8,8882	4,2908	0,01266	248,2	4901,7
80	6 400	512 000	8,9443	4,3089	0,01250	251,3	5026,5
81	6 561	531 441	9,0000	4,3267	0,01235	254,5	5153,0
82	6 724	551 368	9,0554	4,3445	0,01220	257,6	5281,0
83	6 889	571 787	9,1104	4,3621	0,01205	260,8	5410,6
84	7 056	592 704	9,1652	4,3795	0,01190	263,9	5541,8
85	7 225	614 125	9,2195	4,3968	0,01176	267,0	5674,5
86	7 396	636 056	9,2736	4,4140	0,01163	270,2	5808,8
87	7 569	658 503	9,3274	4,4310	0,01149	273,3	5944,7
88	7 744	681 472	9,3808	4,4480	0,01136	276,5	6082,1
89	7 921	704 969	9,4340	4,4647	0,01124	279,6	6221,1
90	8 100	729 000	9,4868	4,4814	0,01111	282,7	6361,7
91	8 281	753 571	9,5394	4,4979	0,01099	285,9	6503,9
92	8 464	778 688	9,5917	4,5144	0,01087	289,0	6647,6
93	8 649	804 357	9,6437	4,5307	0,01075	292,2	6792,9
94	8 836	830 584	9,6954	4,5468	0,01064	295,3	6939,8
95	9 025	857 375	9,7468	4,5629	0,01053	298,5	7088,2

Продолжение

x	x^2	x^3	$\sqrt{x}$	$\sqrt[3]{x}$	$\frac{1}{x}$	πx	$\frac{\pi x^2}{4}$
96	9 216	884 736	9,7980	4,5789	0,01042	301,6	7238,2
97	9 409	912 673	9,8489	4,5947	0,01031	304,7	7389,8
98	9 604	941 192	9,8995	4,6104	0,01020	307,9	7543,0
99	9 801	970 299	9,9499	4,6261	0,01010	311,0	7697,7
100	10 000	1 000 000	10,0000	4,6416	0,01000	314,2	7854,0

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

СВЕДЕНИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

3-1. СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ

В приводимой ниже таблице абсолютной практической рационализированной системы единиц МКСА (MKSM) даны наименования, размерность и условные обозначения некоторых наиболее употребительных в радиолюбительской практике единиц.

В системе МКСА за основные единицы приняты три механические единицы: метр (единица длины), килограмм (единица массы), секунда (единица времени) и одна электрическая — ампер (единица тока). Единицы всех остальных электрических и механических величин определяются через эти четыре основные единицы.

Абсолютная практическая система единиц МКСА наиболее распространена в электротехнике и рекомендована для применения во всех областях науки и техники, однако в настоящее время в научной и технической литературе применяются и другие системы единиц: абсолютная электростатическая система СГСЭ, абсолютная электромагнитная СГСМ и др.

Для перехода от одной системы единиц к другой можно воспользоваться колонками 6 и 7 таблицы на стр. 32—34.

Приведенные в колонке 3 (размерность) данные могут служить для проверки получаемых уравнений и перехода к другим единицам. При этом необязательно выражать рассматриваемые единицы через основные. Поэтому в таблице, кроме размерностей, выраженных через основные единицы, указаны размерности в практически наиболее удобной форме.

Абсолютная практическая рационализированная система единиц МКСА (MKSM)

Величина	Наименование	Размерность	Обозначение единицы		Содержит единицы нерационализированных систем СГС	
			русским шрифтом	латинским и греческим шрифтами	СГСЭ (CGSE)	СГСМ (CGSM)
1	2	3	4	5	6	7
1. Основные единицы						
Длина	метр	*м*	*м*	m	10^2 (*см*)	10^2 (*см*)
Масса	килограмм	*кг*	*кг*	kg	10^3 (*г*)	10^3 (*г*)
Время	секунда	*сек*	*сек*	sec	1 (*сек*)	1 (*сек*)
Ток	ампер	*а*	*а*	A	$3 \cdot 10^9$	10^{-1}
2. Механические единицы						
Скорость	метр в секунду	*м/сек*	*м/сек*	m/sec	10^2	10^2
Ускорение	метр в секунду за секунду	*м/сек²*	*м/сек²*	m/sec²	10^2	10^2
Энергия, работа	джоуль или ватт-секунда	$\frac{кг \cdot м^2}{сек^2} = дж$	*дж*	J	10^7 (*эрг*)	10^7 (*эрг*)
Сила	ньютон	$\frac{кг \cdot м}{сек^2} = дж/м$	*н*	N	10^5 (*дин*)	10^5 (*дин*)
Мощность	ватт	$\frac{кг \cdot м^2}{сек^3} = дж/сек$	*вт*	W	10^7	10^7

3—489

Продолжение

Величина	Наименование	Размерность	Обозначение единицы		Содержит единицы нерационализированных систем СГС	
			русским шрифтом	латинским и греческим шрифтами	СГСЭ (CGSE)	СГСМ (CGSM)
1	2	3	4	5	6	7
3. Электрические единицы						
Количество электричества	кулон	$a \cdot сек = к$	*к*	C	$3\ 10^9$	10^{-1}
Разность электрических потенциалов, напряжение, э. д. с.	вольт	$\frac{кг \cdot м^2}{a \cdot сек^3} = в$	*в*	V	$\frac{1}{300}$	10^8
Напряженность электрического поля	вольт на метр	$\frac{кг \cdot м}{a \cdot сек^3} = в/м$	*в/м*	V/m	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-4}$	10^6
Электрическая емкость	фарада	$\frac{a^2 \cdot сек^4}{кг \cdot м^2} = \frac{a \cdot сек}{в} = \frac{сек}{ом}$	*Ф*	F	$9 \cdot 10^{11}$	10^{-9}
Диэлектрическая проницаемость	—	—	*Ф/м*	F/m	—	—
Плотность тока	ампер на квадратный метр	$a/м^2$	*а/м²*	A/m²	$3 \cdot 10^5$	10^{-5}
Электрическое сопротивление	ом	$\frac{кг \cdot м^2}{a^2 \cdot сек^3} = \frac{в}{a}$	*ом*	Ω	$\frac{1}{9} \cdot 10^{-11}$	10^9

Продолжение

Величина	Наименование	Размерность	Обозначение единицы		Содержит единицы нерационализированных систем СГС	
			русским шрифтом	латинским и греческим шрифтами	СГСЭ (CGSE)	СГСМ (CGSM)
1	2	3	4	5	6	7
Удельное сопротивление	ом, умноженный на метр	$\frac{кг\cdot м^3}{а^2\cdot сек^3}=ом\cdot м$	$ом\cdot м$	Ωm	$\frac{1}{9}10^{-9}$	10^{11}
Удельная проводимость	единица на ом на метр	$\frac{а^2\cdot сек^3}{кг\cdot м^3}=\frac{1}{ом\cdot м}$	$\frac{1}{ом\cdot м}$	$\frac{1}{\Omega m}$	$9\cdot 10^9$	11^{-11}

4. Магнитные единицы

Магнитный поток	вебер, вольт-секунда	$\frac{кг\cdot м^2}{а\cdot сек^2}=в\text{-}с$	вб в-с	Wb Vsec	$\frac{1}{300}$	10^8 (максвелл)
Магнитная индукция	вебер на кв. метр, вольт-секунда на кв. метр	$\frac{кг}{а\cdot сек^2}=\frac{в\text{-}с}{м^2}$	вб/м² $\frac{в\text{-}с}{м^2}$	Wb/m² $\frac{Vsec}{m^2}$	— $\frac{1}{3}10^{-6}$	— 10^4 (гаусс)
Намагниченность	ампер на метр	а/м	а/м	A/m	$3\cdot 10^7$	10^{-3} (гаусс или эрстед)
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	а/м	а/м	A/m	$4\pi\cdot 3\cdot 10^7$	$4\pi\ 10^{-3}$ (эрстед)
Индуктивность собственная или взаимная	генри	$\frac{кг\cdot м^2}{а^2\cdot сек^2}=\frac{в\cdot с}{а}=ом\cdot сек$	гн	H	$\frac{1}{9}\cdot 10^{-11}$	10^9
Магнитная проницаемость	—	—	гн/м	H/m	—	—

3-2. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Закон Ома и мощность для цепей постоянного тока

U—вольт (*в*)		I—ампер (*а*)	
$в = а \cdot ом = ма \cdot ком$; $мв = мка \cdot ком = ма \cdot ом$	$U = IR$	$I = \frac{U}{R}$	$а = \frac{в}{ом}$; $ма = \frac{в}{ком} = \frac{мв}{ом}$. $мка = \frac{в}{Мом}$
$в = \frac{вт}{а} = \frac{мвт}{ма}$; $мв = \frac{мквт}{ма}$	$U = \frac{P}{I}$	$I = \frac{P}{U}$	$а = \frac{вт}{в}$; $ма = \frac{мвт}{в} = \frac{мквт}{мв}$
$в = \sqrt{вт \cdot ом}$, $мв = 10^{-3}\sqrt{вт \cdot ом}$	$U = \sqrt{PR}$	$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$	$а = \sqrt{\frac{вт}{ом}}$; $ма = 10^{3}\sqrt{\frac{вт}{ом}}$
1 *в* = 1 000 *мв* = 10^6 *мкв*; 1 *мв* = 0,001 *в*	U	I	1 *а* = 1 000 *ма* = 10^6 *мка*; 1 *ма* = 10^{-3} *а* = 0,001 *а*
1 000 *ом* = 1 *ком*; 10^6 *ом* = 1 *Мом*; 1 000 *ком* = 1 *Мом*	R	P	1 000 *вт* = 1 *квт*; 1 *вт* = 10^{-3} *квт*
$ом = в/а$; $ком = \frac{в}{ма}$, $Мом = \frac{в}{мка}$	$R = \frac{U}{I}$	$P = UI$	$вт = ва$, $мвт = в \cdot ма$
$ом = \frac{в^2}{вт}$; $ком = \frac{10^{-3} \cdot в^2}{вт}$; $Мом = \frac{в^2}{мквт}$	$R = \frac{U^2}{P}$	$P = \frac{U^2}{R}$	$мквт = \frac{в^2}{Мом} = \frac{мв^2}{ом}$
$ом = \frac{вт}{а^2}$; $ком = \frac{вт}{10^3\ ма^2}$; $Мом = \frac{вт}{ма^2}$	$R = \frac{P}{I^2}$	$P = I^2R$	$вт = ма^2 \cdot Мом$
R—ом (*ом*)			P—ватт (*вт*)

Работа электрического тока [A] в ватт-секундах равна произведению мощности тока P в ваттах на время t в секундах.

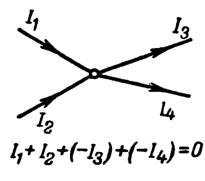
$$A = Pt = UIt.$$

Законы Кирхгофа

Первый закон. Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле равна нулю:

$$\Sigma I = 0.$$

При составлении уравнений притекающие токи надо писать со знаком +, а утекающие — со знаком — (или наоборот).



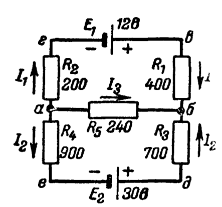
К первому закону Кирхгофа.

Второй закон. Сумма э. д. с. источников, действующих в каком-либо контуре, равна сумме напряжений на всех сопротивлениях этого контура:

$$\Sigma E = \Sigma IR.$$

При заданных положительных направлениях э. д. с. и выбранных положительных направлениях токов э. д. с. берется со знаком +, если направление обхода по контуру совпадает с направлением э. д. с., и со знаком —, если не совпадает. Падение напряжения на сопротивлении берется со знаком +, если направление обхода совпадает с направлением тока, и со знаком —, если не совпадает.

Применение законов Кирхгофа. Если в электрической цепи известны все э. д. с. и сопротивления, то можно рассчитать токи во всех ветвях, основываясь на законах Кирхгофа. По первому закону составляем столько уравнений, сколько в цепи имеется узлов, без одного; по второму закону составляем такое число независимых уравнений, чтобы общее число уравнений равнялось числу всех неизвестных токов, т. е. числу ветвей. Решая систему уравнений, определяем неизвестные токи.



Ко второму закону Кирхгофа

Пример. По первому закону Кирхгофа для точки *б*

$$-I_3 + I_1 + I_2 = 0.$$

По второму закону Кирхгофа (выбирая направление обхода по движению стрелки часов) для контура *вбаг*

$$E_1 = I_1R_1 + I_3R_5 + I_1R_2,$$

а для контура *абде*

$$-E_2 = -I_2R_4 - I_3R_5 - I_2R_3.$$

Решив совместно эти три уравнения, находим, например, для данных, приведенных на схеме, следующие значения токов:

$$I_1 \approx 10\ \textit{ма};\ I_2 \approx 15\ \textit{ма},\ I_3 \approx 25\ \textit{ма}.$$

Токи в параллельных ветвях обратно пропорциональны сопротивлениям этих ветвей:

$$\frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}; \quad I=I_1+I_2 \quad \text{и} \quad U=I_1R_1=I_2R_2;$$

$$I_1=\frac{R_2}{R_1+R_2}I, \quad \text{а} \quad I_2=\frac{R_1}{R_1+R_2}I.$$

Токи в разветвленной цепи.

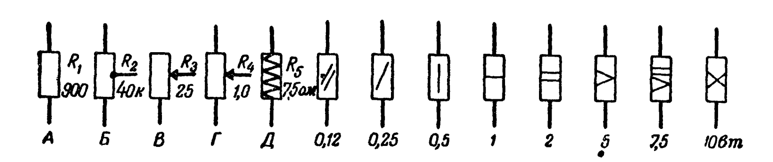
Закон теплового действия тока

В проводнике с сопротивлением R *ом*, по которому проходит ток I (ампер), за время t (секунд) выделится Q (калорий) тепла

$$Q=0{,}24I^2Rt.$$

3-3. СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Обозначения на схемах



А — общее обозначение постоянного сопротивления; *Б* — сопротивление с отводом; *В* — регулируемое сопротивление (реостат); *Г* — потенциометр; *Д* — проволочное сопротивление

Величины сопротивлений 1—999 *ом* обозначаются целыми числами, соответствующими величине сопротивления в омах (рис. *А* и *В*). Величины сопротивлений 1—99 *ком* обозначаются цифрами, указывающими число килоом, с буквой *к* (рис. *Б*). Все сопротивления большей величины выражаются в мегомах, причем если величина сопротивления равна целому числу мегом, то после значения величины ставятся запятая и нуль (рис. *Г*). В редких случаях практики, когда важно отметить, что величина сопротивления составляет доли ома или выражается числом с десятыми, сотыми и т. д. долями ома, после численного значения ставится наименование *ом* (рис *Д*)

Номинальные значения мощности сопротивлений 0,25—10 *вт* на схемах обозначаются, как показано выше (правая часть рисунка).

Расчет сопротивления провода

Сопротивление (при $t=20°$ C)	$R\,(ом)=\rho\frac{l\,(м)}{S\,(мм^2)}=\frac{l\,(м)}{\gamma\,S\,(мм^2)}$	
Проводимость ($G=1/R$)	$G=\frac{S\,(мм^2)}{\rho\,l\,(м)}=\gamma\,\frac{S\,(мм^2)}{l\,(м)}$	
Удельное сопротивление при $t°$ C	$\rho_t=\rho\,(1+\alpha\Delta t)$	$\Delta t=(t-20)$
Сопротивление при $t°$C	$R_t=R\,(1+\alpha\Delta t)$	
Изменение температуры: R_{t_1}—сопротивление при температуре t_1; R_{t_2}—сопротивление при температуре t_2	$\Delta t=\frac{R_{t_2}-R_{t_1}}{\alpha\,R_{t_1}}$	$\Delta t=253\frac{R_{t_2}-R_{t_1}}{R_{t_1}}$ (для меди)
Потребная длина провода (для получения заданного R)	$l\,(м)=\frac{S\,(мм^2)\,R\,(ом)}{\rho}=\gamma\,S\,(мм^2)\,R\,(ом)$	$l\,(м)=57\,S\,(мм^2)\,R\,(ом)$ (для меди)

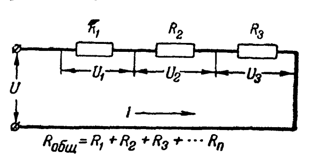
ρ—удельное сопротивление проводника $\left(\frac{ом\cdot мм^2}{м}\right)$ при $t=20°$ C;

γ—удельная проводимость проводника $\left(\frac{м}{ом\cdot мм^2}\right)$ при $t=20°$ C;

α—температурный коэффициент материала проводника.

Последовательное соединение сопротивлений

Общее сопротивление цепи $R_{общ}$ равно сумме всех частных последовательно включенных в эту цепь сопротивлений.



Последовательное соединение сопротивлений.

Ток

$$I = \frac{U}{R_{общ}}.$$

Падение напряжения на сопротивлениях

$$U_1 = IR_1; \quad U_2 = IR_2; \quad U_3 = IR_3; \quad U_n = IR_n;$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \ldots + U_n.$$

Параллельное соединение сопротивлений

Общая проводимость цепи $[G_{общ}]$ равна сумме параллельно включенных в эту цепь проводимостей.

Общее сопротивление цепи $(R_{общ})$ равно обратной величине суммы параллельно включенных в эту цепь проводимостей:

$$R_{общ} = \frac{1}{G_{общ}}.$$

Ток $I_{общ}$ равен сумме токов отдельных участков цепи:

$$I_{общ} = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$$

Падения напряжения на всех сопротивлениях одинаковы:

$$U = I_{общ}R_{общ} = U_1 = U_2 = U_3 = \ldots$$

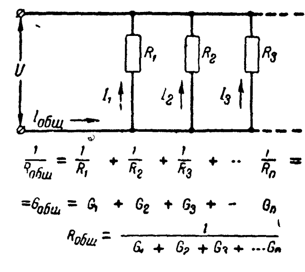
Токи в сопротивлениях равны:

$$I_1 = \frac{U}{R_1}; \quad I_2 = \frac{U}{R_2}; \quad I_3 = \frac{U}{R_3}; \ldots$$

Токи обратно пропорциональны сопротивлениям:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

и т. д.



Параллельное соединение сопротивлений

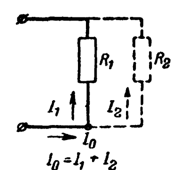
Через участок с наименьшим сопротивлением протекает наибольший ток.

При подключении к данному сопротивлению R_1 параллельного сопротивления R_2 или отключении его изменение тока в общей цепи можно определить по абсолютному значению или в процентах следующим образом:

При параллельном подключении R_2 (например, вольтметра или какой-либо нагрузки) новое значение тока

$$I_0 = I_1\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right),$$

а прирост тока в процентах равен $100\frac{R_1}{R_2}$.



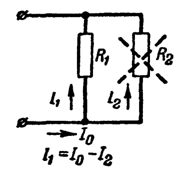
Параллельное подключение сопротивления.

Пример. *Дано*: $R_1 = 200$ *ком*; $I_1 = 1$ *ма*.
При подключенном параллельно $R_2 = 400$ *ком*

$$I_0 = 1\left(1 + \frac{200}{400}\right) = 1{,}5 \text{ ма},$$

а прирост тока в процентах равен:

$$100 \frac{200}{400} = 50\%.$$



Отключение параллельного сопротивления.

При отключении параллельного сопротивления R_2 (например, при обрыве) новое значение тока

$$I_1 = \frac{I_0 R_2}{(R_1 + R_2)},$$

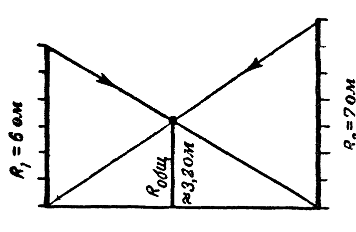
а уменьшение тока в процентах равно $100 \dfrac{R_1}{R_1 + R_2}$.

Пример. Дано: $R_1 = 200$ *ком*; $R_2 = 400$ *ком*; $I_0 = 1{,}5$ *ма*. При отключении R_2 ток $I_1 = \dfrac{1{,}5 \cdot 400}{600} = 1$ *ма*; уменьшение тока в процентах равно $100 \dfrac{200}{200 + 400} \approx 33\%$.

Если требуется подсчитать, какое сопротивление R_2 нужно подключить параллельно к R_1, чтобы получить общее сопротивление R, то можно воспользоваться формулой

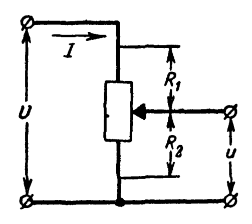
$$R_2 = R \frac{R_1}{R_1 - R}.$$

Графический метод расчета общего сопротивления двух параллельно включенных сопротивлений

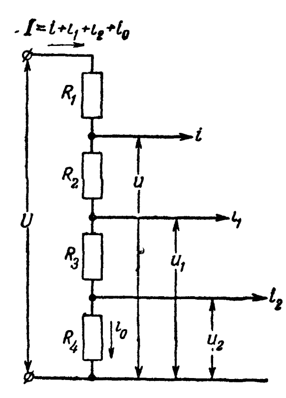


К расчету двух параллельно включенных сопротивлений.

На концах горизонтальной линии любой длины строим два перпендикуляра, которые в выбранном одинаковом масштабе изображают величины R_1 и R_2. Соединим верхние концы перпендикуляров с концами горизонтальной линии. Из точки пересечения наклонных линий опустим перпендикуляр на горизонтальную линию. Длина этого перпендикуляра $R_{общ}$ даст в том же масштабе величину общего сопротивления.



Ненагруженный делитель напряжения.



Нагруженный делитель напряжения.

Делители напряжения

Ненагруженный делитель

$$u = U\frac{R_2}{R_1 + R_2}; \quad R_1 = \frac{U - u}{I}.$$

Нагруженный делитель

$$R_1 = \frac{U - u}{I}; \quad R_2 = \frac{u - u_1}{I - i};$$

$$R_3 = \frac{u_1 - u_2}{I - (i + i_1)}; \quad R_4 = \frac{u_2}{i_0}.$$

Расчет делителя напряжения для питания экранирующей сетки лампы

При помощи делителя напряжения можно обеспечить относительно постоянное напряжение на экранирующей сетке лампы, почти не зависящее от изменения напряжения на управляющей сетке. Для этого ток I_2 должен быть по крайней мере в 3 раза больше тока экранирующей сетки $I_э$ при отсутствии переменного напряжения на управляющей сетке; тогда

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_2}{3I_э}; \; P_{R_2} = I_2^2 R_2 = 3I_э^2 R_2;$$

$$R_1 = \frac{U - U_2}{I_2 + I_э} = \frac{U_1}{4I_э};$$

$$P_{R_1} = (I_2 + I_э)^2 R_1 = (4I_э)^2 R_1.$$

К расчету делителя напряжения.

Пример. *Дано*: $U_2 = 160$ *в*; $I_э = 0{,}5$ *ма*; $U = 250$ *в*. *Определяем*:

$$R_2 = \frac{160}{3 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3}} \approx 105\,000 \text{ ом} = 105 \text{ ком};$$

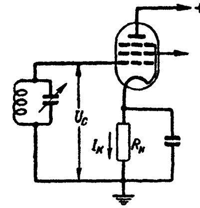
$$P_{R_2} = (3 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 105 \cdot 10^3 \approx 0{,}24 \text{ вт};$$

$$R_1 = \frac{250 - 160}{4 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3}} = 45\,000 \text{ } \textit{ом} = 45 \text{ } \textit{ком};$$

$$P_{R_1} = (4 \cdot 0{,}5 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 45 \cdot 10^3 \approx 0{,}18 \text{ } \textit{вт}.$$

Расчет катодного сопротивления

Отрицательное смещение U_c на управляющую сетку для заданной рабочей точки может быть получено за счет падения напряжения на катодном сопротивлении $R_к$. Величину сопротивления $R_к$ можно подсчитать по формуле



К расчету катодного сопротивления.

$$R_к = \frac{1\,000 U_c}{I_к},$$

где U_c — смещение на сетку, *в*;
$R_к$ — сопротивление, *ом*;
$I_к$ — общий ток лампы (анодный ток, ток экранирующей сетки и т. д), *ма*;

Пример. *Дано*: лампа 6К3; $U_c = -3$ *в*;

$$I_a = 9{,}25 \text{ } \textit{ма}; \quad I_э = 0{,}6 \text{ } \textit{ма}.$$

Определяем

$$I_к = I_a + I_э = 9{,}25 + 0{,}6 = 9{,}85 \text{ } \textit{ма};$$

$$R_к = \frac{1\,000 \cdot 3}{9{,}85} \approx 300 \text{ } \textit{ом}.$$

3-4. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Напряженность магнитного поля (H) — вектор, характеризующий величину и направление магнитного поля в данной точке пространства. Напряженность магнитного поля, создаваемого током, пропорциональна току, зависит от формы проводника, по которому протекает намагничивающий ток, и не зависит от вещества.

Напряженность магнитного поля в длинной катушке выражается в ампервитках на сантиметр по формуле

$$H = \frac{In}{l} = In_0,$$

где I, *а*,
n — общее число витков катушки;
n_0 — число витков на единицу длины;
l — длина катушки.

Магнитный поток (Φ) (через какой-нибудь контур) — произведение напряженности поля, пронизывающего данный контур, на площадь этого контура.

Магнитная индукция (B) — результирующее магнитное поле в намагниченном веществе; она зависит от напряженности внеш-

него намагничивающего поля и свойств вещества.

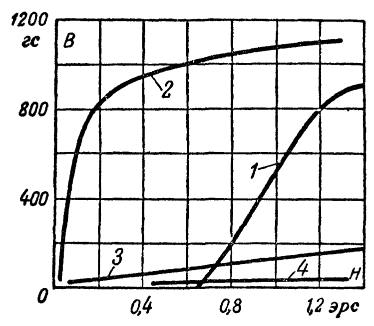
$$B = \mu H,$$

где μ — магнитная проницаемость вещества.

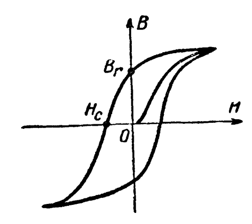
Магнитная проницаемость (μ) — величина, показывающая, во сколько раз магнитная индукция в веществе больше внешнего намагничивающего поля Для большинства веществ μ близко к единице. Для ферромагнитных материалов μ может достигать нескольких тысяч (см. стр. 462) Значение μ при $H = 0$ называют **начальной проницаемостью**.

Кривая **намагничивания** выражает зависимость между B и H.

Магнитный гистерезис—явление последействия при поляризации магнетиков, приводящее к тому, что намагничивание и размагничивание материала происходят неодинаково. Если, начиная с



Типовые кривые намагничивания.
1 — железа, 2 — пермаллоя; 3 — никеля; 4 — сплава железо—никель.



Петля гистерезиса.

какой-либо точки кривой намагничивания, уменьшать H, то B начнет снижаться не по основной кривой, а более медленно При обратном увеличении H до прежнего значения индукция снова вернется к исходной величине, но уже по другому пути. кривая намагничивания образует петлю гистерезиса.

Часть энергии, затраченной на намагничивание тела, не возвращается обратно, а превращается в тепло. Чем более резко выражен гистерезис, тем больше потери на гистерезис при данной частоте перемагничивания.

Остаточная магнитная индукция (B_r) — свойство некоторых ферромагнитных тел сохранять магнитную поляризацию после исчезновения намагничивающего поля.

Коэрцитивная сила (H_c) — сила, препятствующая изменению магнитной поляризации ферромагнетиков. Чем больше коэрцитивная сила, тем сильнее выражено явление остаточной магнитной индукции.

Магнитные материалы. Вещества, у которых μ не зависит от H, называются диамагнетиками и парамагнетиками. У диамагнетиков $\mu < 1$, у парамагнетиков $\mu > 1$. Вещества, у которых μ зависит от напряженности магнитного поля, называются ферромагнетиками. Различают магнитно-мягкие ферромагнитные материалы и магнитно-твердые материалы (см. стр. 460—462)

3-5. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Под термоэлектричеством понимают совокупность явлений, связанных с превращением энергии внутреннего теплового движения в электрическую и обратно.

Термопара — цепь, состоящая из двух различных металлов (полупроводников), на концах которой возникает термо-э. д. с., если температура спая выше температуры свободных концов. Величина термо-э. д. с. зависит от рода взятых для пары материалов и разности температур горячего и холодного спаев; она особенно велика у специальных полупроводниковых материалов (сплавов).

Значение термо-э. д. с. (в милливольтах) некоторых сплавов в зависимости от температуры горячего спая $t_г$

Термопары	$t_г$, °C		
	100	200	420
(Висмут+сурьма+олово) — (висмут+сурьма)	10,6	23,4	—
(Сурьма+цинк)—(константан)	16,8	40,5	96
(Сурьма+цинк)—(висмут+сурьма)	19,2	48,9	—
(Теллур+сурьма)—(висмут+сурьма)	65	130	—

Термоэлектрогенераторы (термобатареи) состоят из блока термопар, электрически соединенных между собой, нагревателя (керосиновая лампа, газовая горелка) для обогрева горячих спаев и системы охлаждения холодных концов (радиаторы).

Данные промышленных типов термоэлектрогенераторов см. стр 374.

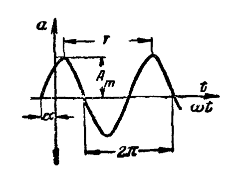
3-6. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

Мгновенное, действующее и среднее значения переменных синусоидальных величин

Мгновенное значение

$$a = A_m \sin(\omega t + \alpha).$$

Если синусоида проходит через начало координат, то $\alpha = 0$ и $a = A_m \sin \omega t$.



Действующее значение

$$A = \frac{A_m}{\sqrt{2}}.$$

Среднее (за половину периода) значение

$$A_{cp} = \frac{2}{\pi} A_m.$$

Во всех формулах: A_m — амплитуда; α — начальная фаза; $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$, где f — частота, T — период.

Под синусоидальной величиной a можно понимать ток i, напряжение u, э. д. с. e и т. д.

Значение	Ток	Напряжение
Амплитудное	$I_m = I\sqrt{2} \approx 1{,}4I$	$U_m = U\sqrt{2} \approx 1{,}4U$
Действующее	$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}7I_m$	$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0{,}7U_m$
Мгновенное (в момент t)	$i = I_m \sin(\omega t + \alpha)$	$u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$

3-7. ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Активное сопротивление [r]

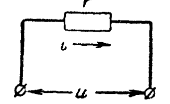
Если $$u = U_m \sin(\omega t + \alpha),$$

то $$i = \frac{u}{r}$$

и $$i = I_m \sin(\omega t + \alpha)$$

(ток совпадает по фазе с напряжением),

где $$I_m = \frac{U_m}{r}, \text{ или } I = \frac{U}{r}.$$



Индуктивность [L]

Если $$u = U_m \sin(\omega t + \alpha),$$

то $$i = I_m \sin\left(\omega t + \alpha - \frac{\pi}{2}\right)$$

(ток отстает по фазе от напряжения),

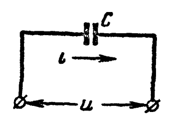
где $$I_m = \frac{U_m}{X_L}, \text{ или } I = \frac{U}{X_L};$$

$X_L = \omega L$ — индуктивное сопротивление.

Емкость [C]

Если $u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$,

то $i = I_m \sin\left(\omega t + \alpha + \frac{\pi}{2}\right)$

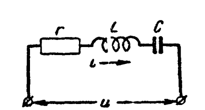


(ток опережает по фазе напряжение),

где $I_m = \frac{U_m}{X_C}$, или $I = \frac{U}{X_C}$;

$X_C = \frac{1}{\omega C}$ — емкостное сопротивление.

Последовательное соединение элементов цепи



Если $u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$,

то $i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$,

где $I_m = \frac{U_m}{Z}$, или $I = \frac{U}{Z}$;

Z — полное электрическое сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{r^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2},$$

или

$$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{r^2 + X^2},$$

где $X = X_L - X_C$ — реактивное сопротивление цепи;

φ — угол сдвига фаз между током и напряжением:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{r}; \quad \cos \varphi = \frac{r}{Z}.$$

Если участок цепи содержит ряд последовательно соединенных сопротивлений, индуктивностей и емкостей, то

$$r_{общ} = \Sigma r; \; L_{общ} = \Sigma L, \; \frac{1}{C_{общ}} = \Sigma \frac{1}{C}.$$

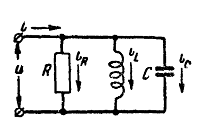
Проводимость [Y] цепи на переменном токе

$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{g^2 + b^2},$$

где g — активная проводимость,

b — реактивная проводимость.

Параллельное соединение элементов цепи



Если $u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$,

то $i = i_R + i_L + i_C$

и $i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$,

где $I_m = U_m \cdot Y$, или $I = UY$;

Y — полная электрическая проводимость цепи:

$$Y=\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2+\left(\omega C-\frac{1}{\omega L}\right)^2},$$

или

$$Y=\sqrt{g^2+(b_C-b_L)^2}=\sqrt{g^2+b^2},$$

где $g=\frac{1}{r}$; $b_C=\omega C$ — емкостная проводимость;

$b_L=\frac{1}{\omega L}$ — индуктивная проводимость и $b=b_C-b_L$.

Для случая параллельного соединения элементов цепи

$$\operatorname{tg}\varphi=\frac{b}{g}.$$

Если участок цепи содержит ряд параллельно соединенных сопротивлений, индуктивностей и емкостей, то

$$\frac{1}{R_{общ}}=\Sigma\frac{1}{R}; \quad \frac{1}{L_{общ}}=\Sigma\frac{1}{L}, \quad C_{общ}=\Sigma C.$$

Сопротивление цепи

$$Z=\frac{1}{Y}.$$

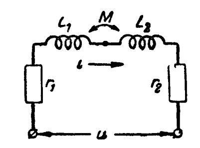
Последовательное включение двух катушек при наличии между ними взаимной индуктивности [M]

Если $u=U_m\sin(\omega t+\alpha)$,

то $i=I_m\sin(\omega t+\alpha-\varphi)$,

где

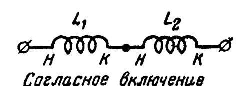
$$I_m=\frac{U_m}{Z}, \text{ или } I=\frac{U}{Z}.$$



Полное сопротивление цепи

$$Z=\sqrt{r^2+X^2},$$

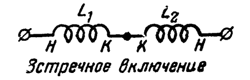
где $r=r_1+r_2$ и $X=\omega L_1+\omega L_2\pm 2\omega M$.



Согласное включение

Общая индуктивность двух последовательно включенных катушек

$$L_{общ}=L_1+L_2\pm 2M.$$



Встречное включение

Знак (+) ставится при согласном соединении катушек, знак (—) — при встречном. Если катушки намотаны в одну сторону, то согласное включение получается, когда конец первой катушки соединен с началом второй. Начало катушки на схеме обозначается буквой *н*, а конец—*к*.

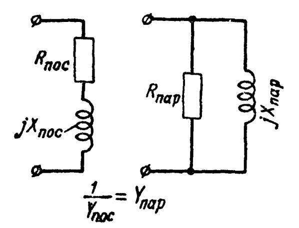
Коэффициент связи $[k]$ двух катушек определяется по формуле

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

и не может быть больше единицы.

3-8. ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СХЕМЫ В ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ И НАОБОРОТ

Если требуется преобразовать (пересчитать) для определенной частоты последовательную схему в эквивалентную, параллельную ей, то следует найти составляющие комплексной проводимости:



Последовательная и параллельная схемы.

$$Y_{пар} = \frac{1}{Y_{пос}} = \frac{1}{R_{пар}} - \frac{j}{X_{пар}}.$$

Через X обозначается реактивное сопротивление индуктивности или емкости (или их сумма).

После соответствующего преобразования получаем следующие выражения для действительной и мнимых частей:

$$R_{пар} = \frac{R_{пос}^2 + X_{пос}^2}{R_{пос}} = R_{пос} + \frac{X_{пос}^2}{R_{пос}};$$

$$Y_{пар} = \frac{X_{пос}^2 + R_{пос}^2}{X_{пос}} = X_{пос} + \frac{R_{пос}^2}{X_{пос}}.$$

Значительно проще задача может быть решена графически.

Пример 1. *Дано* $R_{пос} = 3$ *ом*; $X_{пос} = 4$ *ом*.

Выбираем масштаб 1 *ом* = 1 *см* (лучше всего применить миллиметровку). Откладываем горизонтально $R_{пос} = 3$ *ом* и вертикально $X_{пос} = 4$ *ом*. Равнодействующая $OA = 5$ *ом* соответствует

$$|Y_{пос}| = |Y_{пар}|.$$

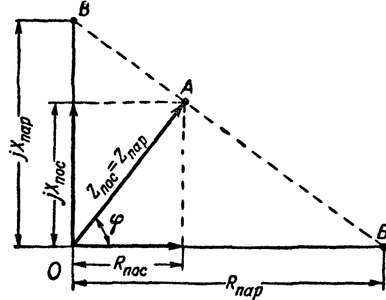


График для преобразования последовательного соединения в параллельное.

В точке A проведем прямую $БВ \perp OA$. Эта прямая отсечет на продолжениях осей прямые $OB = X_{пар}$ и $OБ = R_{пар}$, которые в принятом масштабе соответствуют значениям составляющих параллельной схемы.

Пример 2. *Дано*: параллельная схема с $R = 1\,000$ *ом*; $C = 1$ *мкф* и $\omega = 1\,000$.

Определяем:

$$X_{пар} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1\cdot 10^6}{1\cdot 10^3} = 1\,000 \text{ ом}.$$

Выбираем масштаб 200 *ом* = 1 *см*. Откладываем по горизонтали $R_{пар} = 1\,000$ *ом* = 5 *см* и по вертикали (вниз) $X_{пар} = 1\,000$ *ом* = 5 *см*. На этих прямых ($ОВ$ и $ОБ$) как на диаметрах строим вспомогательные полуокружности, которые пересекутся в точке $А$. Прямая $ОА$ в выбранном масштабе даст значение $Y_{пос}$, а прямые $ОД = X_{пос}$ и $ОГ = R_{пос}$.

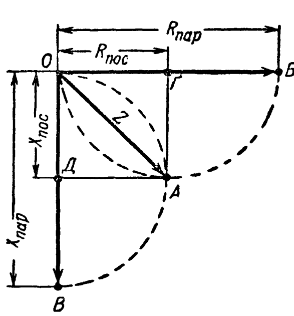


График для преобразования параллельного соединения в последовательное.

3-9. МОЩНОСТЬ

Мгновенная мощность определяется как произведение соответствующих мгновенных значений напряжения $u = U_m \sin(\omega t + \alpha)$ и тока $i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$, т. е. $p = ui = UI\cos\varphi - UI\cos(2\omega t + 2\alpha - \varphi)$.

Выражение $UI\cos\varphi = P$ определяет среднее значение мощности за период или активную мощность.

Закон Ленца-Джоуля. В активных сопротивлениях электрической цепи мгновенная мощность

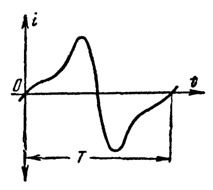
$$p = i^2 r.$$

Среднее значение мощности или активная мощность

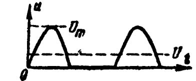
$$P = I^2 r = \frac{I_m^2 r}{2}.$$

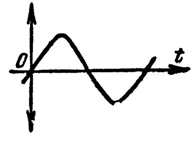
3-10. ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРИВЫХ ПЕРЕМЕННОГО И ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ТОКОВ

Если кривая периодически изменяющегося тока (или напряжения) отличается от синусоидальной, то такую кривую можно представить (разложить) в виде суммы бесконечного числа чистых синусоидальных токов (гармоник), частоты которых в целое число раз больше основной частоты.



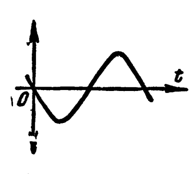
Если исследуемая кривая несимметрична относительно оси времени, то имеет место и постоянная составляющая тока (или напряжения).



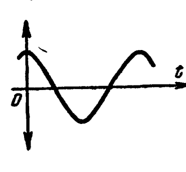


Чтобы учесть фазы отдельных составляющих кривых, введены следующие обозначения функций:

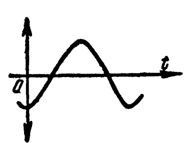
Кривая, обозначенная (+sin), проходит через нуль в начале периода, нарастая.



Кривая, обозначенная (— sin), также проходит через нуль, но убывая.



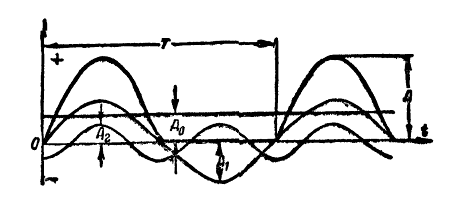
Кривая, обозначенная (+cos), имеет при нуле (начале периода) максимальное положительное значение.



Кривая, обозначенная (— cos), имеет в начальный момент максимальное отрицательное значение.

На практике обычно ограничиваются исследованием до третьей или четвертой гармоники.

Пульсирующий ток или напряжение, например после однополупериодного выпрямителя или усилителя класса В:



$$A_0 = 0{,}32A;$$

$$A_1 = 0{,}5A \ldots (+\sin);$$

$$A_2 = 0{,}21A \ldots (-\cos);$$

$$A_n = \frac{0{,}63}{(n+1)(n-1)}\,A,$$

где A — максимальное значение тока или напряжения;
A_0 — постоянная составляющая;
A_1 — амплитуда первой гармоники;
A_2 — амплитуда второй гармоники;
A_n — амплитуда n-ной гармоники.

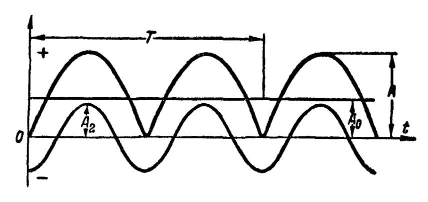
Пульсирующий ток или напряжение, например после двухполупериодного выпрямителя:

$$A_0 = 0{,}46A;$$

$$A_2 = 0{,}42A \ldots (-\cos);$$

$$A_n = \frac{1{,}26}{(n+1)(n-1)} A \ldots$$

$$\ldots (-\cos).$$



Амплитуды всех нечетных гармоник (A_1, A_3 и т. д.) равны нулю.

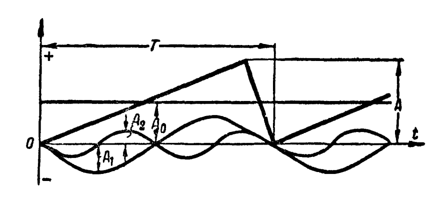
Пилообразный ток:

$$A_0 = 0{,}5A;$$

$$A_1 = 0{,}32A \ldots (-\sin);$$

$$A_2 = 0{,}16A \ldots (-\sin);$$

$$A_n = \frac{0{,}32}{n} A \ldots (-\sin).$$



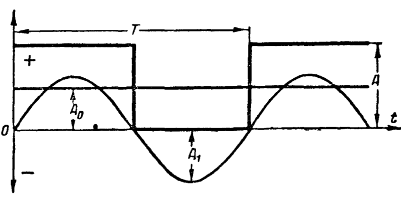
Амплитуды всех нечетных гармоник, кроме основной (A_1), равны нулю.

Прямоугольный импульс с равной длительностью максимального и нулевого значений:

$$A_0 = 0{,}5A;$$

$$A_1 = 0{,}64A \ldots (+\sin);$$

$$A_n = \frac{A_1}{n} \ldots (+\sin).$$



Амплитуды всех четных гармоник равны нулю.

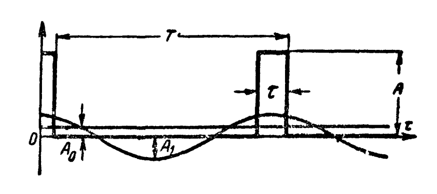
Прямоугольный импульс с относительной длительностью (скважностью) $b = \tau/T$:

$$A_0 = bA;$$

$$A_1 = 0{,}64A \sin(b180^\circ) \ldots (+$$
$$+\cos);$$

$$A_2 = 0{,}32A \sin(b360^\circ) \ldots$$
$$\ldots (+\cos);$$

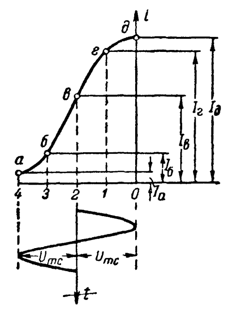
$$A_n = \frac{0{,}64}{n} A \sin(bn180^\circ) \ldots$$
$$\ldots (+\cos).$$



4*

Приближенный анализ искажений позволяет определить значения постоянной составляющей и некоторого числа гармоник.

Пусть, например, при синусоидальном напряжении на сетке лампы ток в анодной цепи несинусоидален из-за нелинейности характеристики. Разделив на равные отрезки (точки *0*, *1*, *2*, *3*, *4*) участок оси напряжений (на сетке), равный $2U_{mc}$, отметим на характеристике точки *а*, *б*, *в*, *г*, *д*. Для этих точек определим значения токов $I_а$, $I_б$, $I_в$, $I_г$, $I_д$. Тогда среднее значение постоянной составляющей I_0 и амплитуды первой, второй и третьей гармоник I_1, I_2 и I_3 можно подсчитать по формулам:



К анализу кривой анодной характеристики.

$$I_0 = \frac{I_а + I_б + I_г + I_д + 4I_в}{8};$$

$$I_1 = \frac{(I_г + I_д) - (I_а + I_б)}{3} \qquad (+\sin);$$

$$I_2 = \frac{I_в}{2} - \frac{I_а + I_д}{4} \qquad (+\cos);$$

$$I_3 = \frac{I_г - I_б}{3} - \frac{I_д - I_а}{6} \qquad (+\sin).$$

Пользуясь полученными значениями I_1, I_2 и I_3, можно приблизительно определить коэффициент нелинейных искажений γ в процентах по формуле

$$\gamma = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2}}{I_1} 100.$$

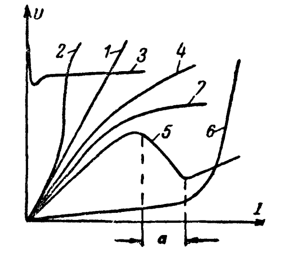
3-11. НЕЛИНЕЙНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Сопротивления, для которых не сохраняется прямая пропорциональность зависимости между током и напряжением, приложенным к этому сопротивлению, называются **нелинейными**.

Бареттер используется для автоматического регулирования тока в цепи, в которую он включается последовательно с нагрузкой.

Параметры основных типов бареттеров см. на стр. 399.

Газоразрядный стабилизатор (стабилитрон) используется для стабилизации напряжения в цепи при изменении тока в заданных пределах.



Зависимость тока *I* от напряжения *U* для некоторых видов сопротивлений.
1 — линейное сопротивление; *2* — бареттер; *3* — газоразрядная лампа; *4* — триод (трехэлектродная лампа); *5* — отрицательное сопротивление (в области *а*); *6* — пентод; *7* — дроссель с насыщенным магнитопроводом.

Параметры основных типов стабилитронов см. на стр. 398 и 399.

Насыщенный дроссель — реактивное нелинейное сопротивление. Индуктивность дросселя

$$L = \Phi/I = 10^8 \operatorname{tg} \alpha,$$

где Φ — магнитный поток, создаваемый протекающим через обмотку током I; α — угол наклона кривой намагничивания (вольтамперной характеристики).

Вариконд (конденсатор с сегнетоэлектриком) — нелинейное реактивное сопротивление, обусловленное зависимостью диэлектрической проницаемости сегнетодиэлектрика ($SrTiO_3$; $BaTiO_3$; $2BaTiO_3$) от приложенного к конденсатору напряжения.

Параметры варикондов см. на стр. 442.

Термосопротивления и термисторы — нелинейные сопротивления, величины которых зависят от температуры.

В зависимости от температуры сопротивления изменяются по закону

$$R = Ae^{B/T},$$

где A и B — постоянные и T — температура в градусах абсолютной шкалы.

Температурный коэффициент $\alpha = -B/T^2$.

Параметры термосопротивлений см. на стр. 419.

Расчет тока и напряжений в цепи, содержащей нелинейное сопротивление

Простейшим способом расчета является графический. При этом снимают вольтамперную характеристику нелинейного сопротивления и строят график. Для простейшей электрической цепи, представляющей собой последовательное соединение нелинейного и линейного сопротивлений, питающихся от общего источника постоянного напряжения,

$$U_{пит} = iR + U,$$

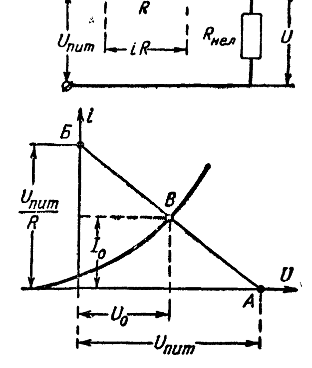
где $U_{пит}$ — напряжение источника питания;

iR — падение напряжения на линейном сопротивлении R;

U — падение напряжения на нелинейном сопротивлении.

Ток в цепи

$$i = \frac{U_{пит} - U}{R} = -\frac{U}{R} + \frac{U_{пит}}{R}.$$



К расчету цепи с нелинейным сопротивлением.

Пользуясь этим уравнением, можно определить значение тока i для точек A и $Б$ графика. Тогда прямая $АБ$ (нагру-

зочная) пересечет вольтамперную характеристику в точке B, которая называется рабочей точкой. Ее координаты определяют величину тока в цепи $i = I_0$ и падение напряжения на нелинейном сопротивлении $u = U_0$. Падение напряжения на линейном сопротивлении будет $U_{пит} - U_0$.

Если в цепи имеется несколько нелинейных сопротивлений с различными *вольтамперными характеристиками*, то их можно привести к одному сопротивлению с эквивалентной вольтамперной характеристикой:

а) При параллельном соединении сопротивлений для получения эквивалентной характеристики ординаты вольтамперных характеристик при одном и том же напряжении складываются.

б) При последовательном соединении сопротивлений складываются абсциссы (падения напряжения на соответствующих сопротивлениях).

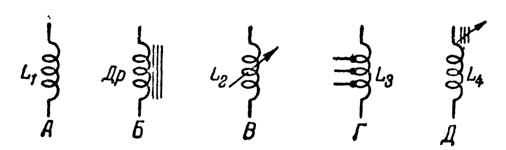
Полученные эквивалентные характеристики **используются для графического расчета, как указано выше.**

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

СВЕДЕНИЯ ИЗ РАДИОТЕХНИКИ

4-1. ИНДУКТИВНОСТЬ И КАТУШКИ ИНДУКТИВНОСТИ

Обозначения на схемах



А — общее обозначение индуктивности или катушки индуктивности без сердечника; *Б* — катушка (дроссель) со стальным сердечником; *В* — общее обозначение переменной индуктивности; *Г* — катушка с отводами; *Д* — катушка с подвижным сердечником из ферромагнетика.

Величины индуктивности (генри, миллигенри или микрогенри) даются обычно в тексте.

Расчет индуктивности катушек

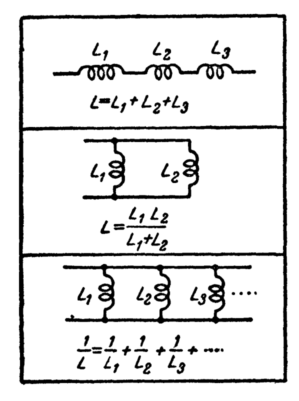
Однослойные цилиндрические катушки (без сердечников). Расчет однослойных катушек, намотанных сплошным медным круглым проводом вплотную (виток к витку) или с принудительным шагом, с достаточной для практики точностью можно выполнить, пользуясь следующими формулами:

$$L = kw^2D.$$

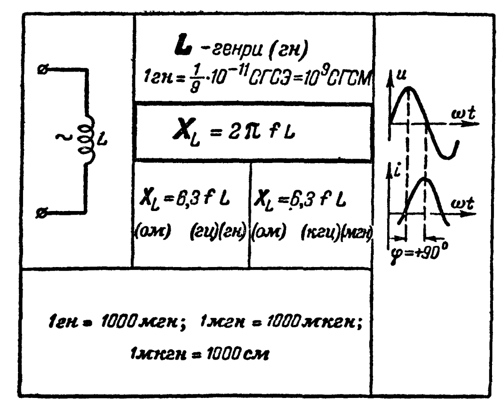
Для случая, когда $l \leqslant D$, $L = \frac{w^2D^2}{50(D+2l)}$.

Для случая, когда $l \gg D$, $L = \frac{w^2D^2}{100l}$.

Последовательное и параллельное соединение индуктивностей



Реактивное сопротивление индуктивности
(индуктивное сопротивление)



При намотке с принудительным шагом

$$L' = L + Dwk.$$

Во всех формулах индуктивность L — в *мкгн*, если диаметр катушки D, длина намотки l и шаг намотки a — в *см*; w—число витков. Величина k определяется по графику для отношения l/D или a/d, где d — диаметр провода.

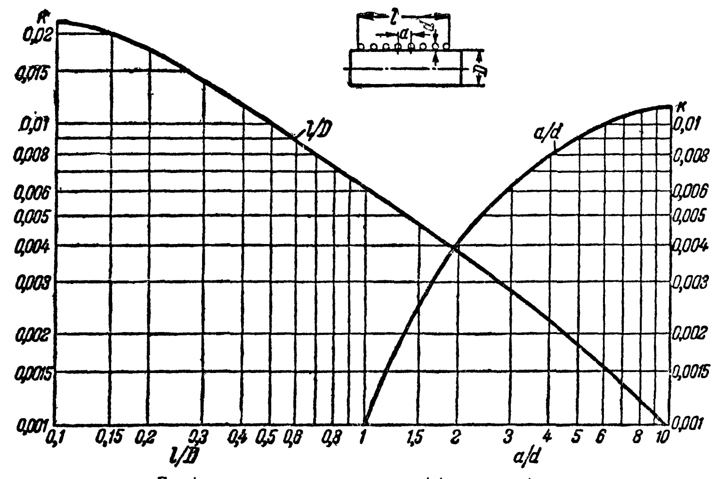


График для определения коэффициента k.

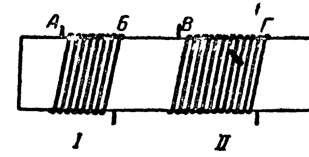
Многослойные цилиндрические катушки с обмоткой типа „универсаль“ (или с намоткой внавал).

В общем виде	$L \approx \frac{w^2 D_c^2}{50(D_c + 2l + 1{,}3b\; l/D_c)}$.
Для случая $l = b$; $D_c > 1$	$L \approx \frac{w^2 D_c^2}{36(D_c + 3l + 3{,}3b)}$.
Для случая $D_c \gg 1$	$L \approx \frac{w^2 D_c^2}{40(D_c + 2{,}8b)}$,

L — в *мкгн*, если D, b и l — в *см*; w — число витков.

Расчет взаимоиндуктивности

Расчет ведется в предположении, что обе обмотки имеют одинаковые шаг намотки и диаметры проводов. Далее полагаем, что пространство между обмотками I и II тоже заполнено витками, т. е. что между A и $Г$ существует непрерывная обмотка с отводами в точках $Б$ и $В$. Тогда взаимоиндуктивность M между обмотками I и II будет:



К расчету взаимоиндуктивности.

$$M = 0{,}5\,(L_{АГ} + L_{БВ} - L_{АВ} - L_{БГ}).$$

Конструкция высокочастотных катушек

Высокочастотные катушки могут быть намотаны сплошным или многожильным (литцендрат) проводом на полом каркасе. По виду намотки они делятся на однослойные рядовые, однослойные с принудительным шагом, многослойные внавал и многослойные типа „универсаль“.

Число витков однослойной катушки можно приблизительно определить следующим образом:

$$w \approx 12\sqrt{\frac{L}{D}} \quad (\text{для } l = D);$$

$$w \approx 4{,}5\sqrt{\frac{L}{D}} \quad (\text{для } l = 2D),$$

где L — индуктивность, *мкгн*; D — диаметр катушки, *см*.

После нахождения числа витков надо произвести проверочный расчет величины индуктивности (см. стр. 54).

Пример. Пусть требуется рассчитать катушку с индуктивностью 20 *мкгн* на каркасе диаметром $D \doteq 2$ *см*. Примем, например, что $l = D$; тогда

$$w \approx 12\sqrt{\frac{20}{2}} \approx 39 \text{ витков.}$$

Проверим по приближенной формуле индуктивность катушки:

$$L = \frac{w^2D^2}{50(D+2l)} = \frac{39^2\cdot 2^2}{50(2+2\cdot 2)} = \frac{6\,080}{300} = 20{,}2 \text{ мкгн.}$$

Приближенный подсчет числа витков многослойной катушки при условии $t \approx b$ и $D_c=3l$ (см. стр. 56) можно произвести по формуле

$$w = 6\sqrt{\frac{L}{l}}.$$

Катушки индуктивности для длинноволнового диапазона обычно выполняются многослойными проводом марки ПЭШО или ПЭШД 0,1 — 0,25 *мм*. Среднее значение добротности таких катушек 40—60. Применение литцендрата повышает добротность, но так как литцендрат имеет относительно большой диаметр (0,25 — 0,35 *мм*), то для получения наивыгоднейшей добротности обмотки выполняют в виде секций квадратного сечения ($l=b$). Добротность контурных катушек, намотанных из литцендрата 10×0,05, имеет величину 80—100. В качестве каркасов используются гетинаксовые трубки. Подгонку индуктивности производят либо перемещением одной секции (намотанной на разрезном кольце) относительно других, либо отматывая несколько витков (если заведомо известно, что намотано больше, чем требуется), либо перемещением сердечника из магнитодиэлектрика.

Катушки индуктивности для средневолнового диапазона выполняются и однослойными и многослойными. Конструкция и материалы для многослойных обмоток такие же, как и для длинноволнового диапазона. Однослойная намотка производится обычно на каркасе диаметром 20—30 *мм* проводом 0,1—0,4 *мм*. Катушки для контура гетеродина иногда изготавливаются с рядовой намоткой проводом ПЭЛ диаметром 0,16—0,25 *мм* на каркасе диаметром 20—25 *мм*.

Катушки индуктивности для трансформаторов промежуточной частоты (для f=465 *кгц*) выполняются так же, как длинноволновые и средневолновые. Настройка этих катушек обычно производится при помощи цилиндрического сердечника из магнитодиэлектрика. В этом случае намотка типа «универсаль» выполняется в виде секций на каркасе диаметром 10—15 *мм*. Добротность таких катушек 50—80.

Катушки индуктивности для коротковолнового диапазона выполняются однослойными на каркасах (диаметром 15—20 *мм*) из радиофарфора, полистирола или гетинакса проводом ПЭЛ диаметром 0,6—1,5 *мм* с принудительным шагом. Добротность таких катушек порядка 120—200.

Катушки с сердечником из магнитодиэлектрика по сравнению с катушками без сердечников обладают меньшими размерами при одинаковой индуктивности, бóльшими значениями добротности на одинаковых частотах и простотой регулировки (подгонки) индуктивности.

Формы сердечников. Простейшим типом является цилиндрический (стержневой) сердечник. В радиоприемниках применяются также горшкообразные (броневые) сердечники (см. стр. 443 и 444).

Расчет катушки индуктивности с сердечником из магнитодиэлектрика

Индуктивность катушки с магнитодиэлектриком зависит от величины магнитной проницаемости сердечника, его формы и размеров.

В условиях радиолюбительской практики расчет катушки с сердечником является весьма приближенным, так как точные данные о проницаемости материала сердечника радиолюбителю часто неизвестны. Ориентировочный расчет для наиболее простого типа сердечника цилиндрической формы можно выполнить следующим образом.

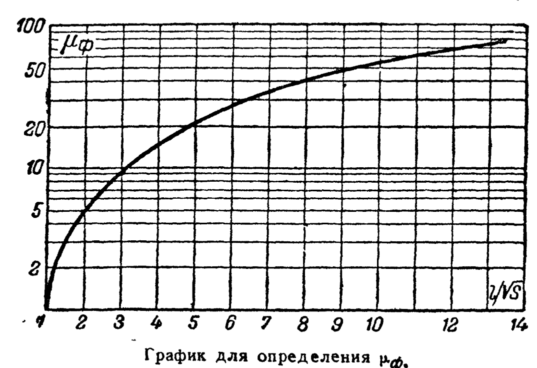


График для определения $\mu_ф$.

Влияние сердечника на индуктивность катушки характеризуется действующей магнитной проницаемостью

$$\mu_д = \frac{\mu_ф \mu_0}{\mu_ф + \mu_0 + 1} = \frac{\mu_0}{1 + \frac{\mu_0}{\mu_ф} + \frac{1}{\mu_ф}},$$

где $\mu_ф$ — магнитная проницаемость, зависящая от формы сердечника и определяемая из графика по отношению длины сердечника l к корню квадратному из его сечения S.

Для длинноволновых катушек чаще всего применяют сердечники диаметром 8—10 и длиной 10—20 *мм*, т. е. с $\mu_ф = 2 \div 8$. Для сердечников из карбонильного железа или альсифера (с относительно крупным зерном) μ_0 принимается равным $10 \div 25$. Таким образом, $\mu_д$ для таких сердечников можно принять 1,5—7. Для коротковолновых катушек при $\mu_ф = 1{,}5 \div 2$ и $\mu_0 = 2 \div 3$, $\mu_д = 1{,}1 \div 2$.

Индуктивность катушки с сердечником из магнитодиэлектриков можно тогда приблизительно определить по формуле

$$L = L_0 \mu_д,$$

где L_0 — индуктивность катушки без сердечника.

Добротность катушки индуктивности

Потери в высокочастотных катушках индуктивности (без сердечников) определяются главным образом действующим сопротивлением проводов, зависящим из-за поверхностного эффекта от частоты. Кроме того, должны учитываться потери в диэлектрике (изоляция проводов, каркас), а также на вихревые токи в соседних проводах (экраны, катушки, связи).

Коэффициент потерь

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{r}{\omega L}$$

для высокочастотных катушек лежит в пределах от $25 \cdot 10^{-4} = 0{,}25\%$ до $15 \cdot 10^{-3} = 1{,}5\%$.

Добротность катушек

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} = \frac{\omega L}{r}$$

находится соответственно в пределах 65—400.

Температурный коэффициент катушек индуктивности

Мерой изменения индуктивности катушки в зависимости от температуры является так называемый температурный коэффициент индуктивности (сокращенно—ТКИ), означающий относительное изменение индуктивности $\Delta L/L$ на 1° С.

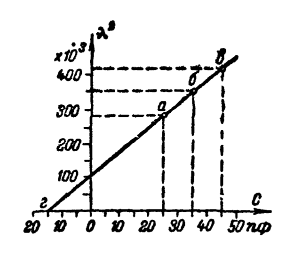
Увеличение диаметра катушки вследствие теплового расширения увеличивает (квадратичная зависимость) индуктивность, а увеличение длины уменьшает ее (линейная зависимость).

Для уменьшения ТКИ следует применять каркасы из керамических материалов (одновременно уменьшаются и потери).

Обычные цилиндрические катушки имеют ТКИ $30 \cdot 10^{-6}$—$50 \cdot 10^{-6}$, а катушки на керамическом каркасе с нанесенными на них (вжиганием) витками — $8 \cdot 10^{-6}$—$18 \cdot 10^{-6}$.

Определение собственной емкости катушки индуктивности

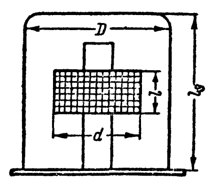
К исследуемой катушке подключают параллельно различные конденсаторы небольшой емкости (10—60 *пф*) и измеряют каждый раз частоты образованных контуров. Строят график, откладывая на горизонтальной оси значения емкости, а на вертикальной оси—соответствующие значения квадратов длин волн. Прямая, проходящая через точки измерений (*а*, *б*, *в*), пересечет вертикальную ось и отсечет на горизонтальной оси отрезок *Ог*, который в выбранном масштабе соответствует собственной емкости катушки. В примере на графике эта емкость равна 15 *пф*.



Пример определения собственной емкости катушки.

Экранирование

Электрические и магнитные поля могут быть ограничены в определенных пространствах при помощи экранов. На высоких частотах материалами для экранов служат медь, латунь, алюминий, т. е. материалы с хорошей проводимостью. Толщина материала экрана должна быть равна нескольким глубинам проникновения тока (см. стр. 66). Экраны не должны располагаться слишком близко к катушкам для ослабления потерь на вихревые токи. Экраны для постоянных и низкочастотных магнитных полей изготавливаются из магнитных материалов с большой магнитной проницаемостью (сталь).



К расчету индуктивности катушки в экране.

Экраны выполняются в форме пластины, разрезанного кольца, чулка, закрытого стакана или коробки.

Катушка в экране. Экран уменьшает индуктивность катушки. Уменьшение индуктивности катушки в экране по сравнению с индуктивностью этой же катушки без экрана можно подсчитать по формуле

$$\frac{L_э}{L_0} = \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 \frac{l}{l_э}\,\frac{1}{k}\right],$$

где $L_э$ — индуктивность катушки в экране;

L_0 — индуктивность катушки без экрана;

k — коэффициент, зависящий от отношения $\frac{d}{l}$ (см. график).

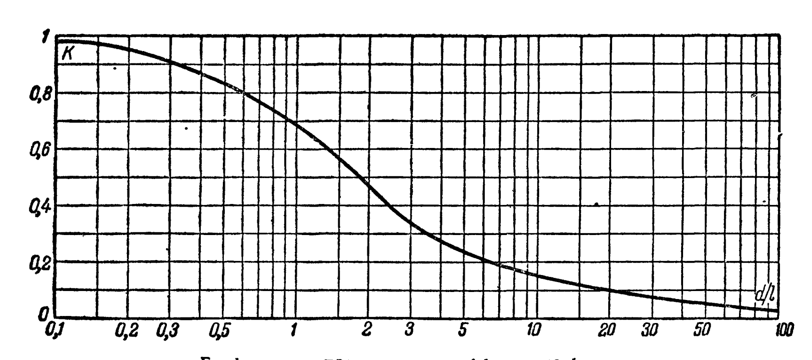


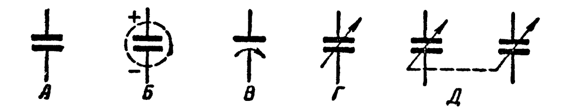
График для определения коэффициента k.

Электростатический экран в трансформаторе. Электрическое экранирование можно осуществить, не действуя на магнитное поле. В трансформаторах для уменьшения электростатической связи

между обмотками располагают экран, представляющий собой слой намотки из провода, один конец которого изолирован, а другой заземлен.

4-2. ЕМКОСТЬ И КОНДЕНСАТОРЫ

Обозначения на схемах

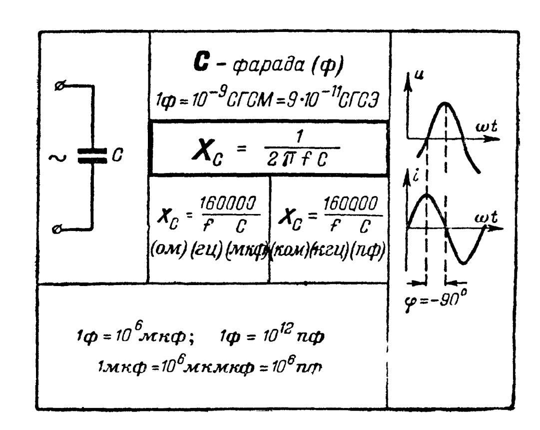


А — общее обозначение емкости или конденсатора постоянной емкости; *Б* — электролитический конденсатор; *В* — подстроечный конденсатор; *Г* — конденсатор переменной емкости; *Д* — конденсаторный агрегат (сдвоенный блок).

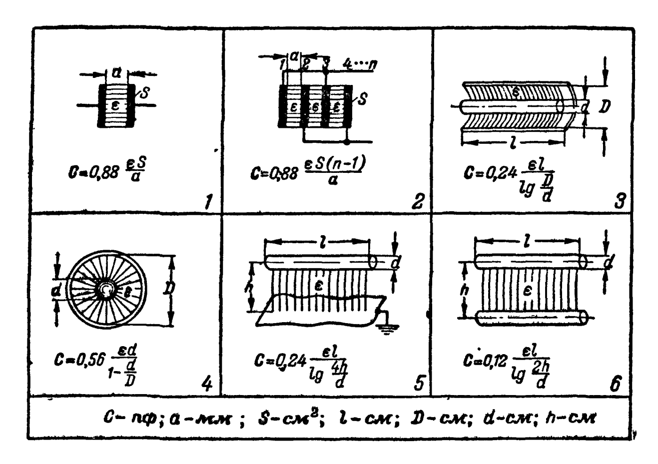
Емкость конденсаторов 1—9 999 *пф* обозначается цифрами, соответствующими их емкости без наименования (например, C_1 300). Емкость конденсаторов 10 000 *пф* и выше выражается в микрофарадах, причем если емкость равна целому числу микрофарад, то после значащей цифры ставятся запятая и нуль (например, C_3 8,0). В редких случаях, когда нужно отметить, что емкость составляет доли пикофарады или выражается числом с десятичными долями пикофарады, после числового значения ставится *пф* (например, C_{13} 1,5 *пф*).

Реактивное сопротивление конденсатора

(емкостное сопротивление)

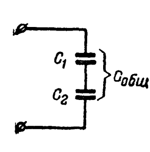


Расчет конденсаторов разной формы



1 — две плоские параллельные пластины; 2 — две группы плоских параллельных пластин; 3 — два коаксиальных цилиндра (например, коаксиальный кабель); 4 — две концентрические шаровые поверхности; 5 — цилиндр над поверхностью земли (например, одиночный провод над землей, ε = 1); 6 — два одинаковых длинных цилиндра (например, двухпроводная линия).

Последовательное соединение емкостей

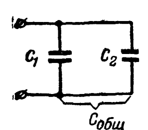


Для двух конденсаторов $C_{общ} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$.

Для любого числа конденсаторов

$$C_{общ} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \frac{1}{C_n}}.$$

Параллельное соединение емкостей



Для любого числа параллельно соединенных конденсаторов $C_{общ} = C_1 + C_2 + \dots C_n$.

Добротность конденсатора

Конденсатор, включенный в цепь постоянного тока, обладает потерями, зависящими от качества изоляции. В цепи переменного тока основную роль играют потери в диэлектрике. Следует также учитывать потери на действующее сопротивление подводящих проводов (выводов) и потери на излучение.

Коэффициент потерь

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega C r}.$$

Добротность конденсатора

$$Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta} = \omega Cr.$$

Так, для конденсатора, у которого $\operatorname{tg} \delta = 3 \cdot 10^{-4} = 0,03\%$, добротность $Q = 3\,333$.

Для высококачественных диэлектриков (слюда, высокочастотная керамика) коэффициент потерь конденсатора много меньше, чем для катушек. Он в широком диапазоне частот мало зависит от частоты, но зависит от температуры и влажности.

Значения $\operatorname{tg} \delta$ для некоторых диэлектриков в зависимости от частоты при 20° С

Диэлектрик	Частота, *кгц*				
	300	1 000	3 000	10 000	50 000
Воздух	0	0	0	0	0
Кварц	1	1	1	1	1,1
Слюда	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Фарфор	70	55	49	63	85
Картон	220	280	350	720	1 000
Керамика	4,3	4,0	3,8	3,5	3,3

Температурный коэффициент емкости (сокращенно—ТКЕ)—относительное изменение емкости $\Delta C/C$ на 1° С изменения температуры.

Температурная компенсация. Существуют керамические материалы (например, на базе титанатов), обладающие отрицательным температурным коэффициентом. Можно подобрать такие конденсаторы (с положительным и отрицательным ТКЕ), чтобы общая их емкость (соединенных последовательно или параллельно) обладала любым заданным наперед значением ТКЕ (и ТКЕ = 0).

Для параллельной схемы

$$C_1 + C_2 = C; \quad \frac{\alpha_1 C_1 + \alpha_2 C_2}{C_1 + C_2} = \alpha,$$

где

$$\alpha = \Delta C/C; \ \alpha_1 = \Delta C_1/C_1 \text{ и } \alpha_2 = \Delta C_2/C_2.$$

Для последовательной схемы

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}; \quad \frac{\Delta C}{C} \approx \frac{\alpha_2 C_1 + \alpha_1 C_2}{C_1 C_2}.$$

4-3. СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Некоторые часто встречающиеся в практике значения индуктивного и емкостного реактивных сопротивлений X_L и X_C

Для значений	Реактивное сопротивление на частоте						
	гц			*кгц*			*Мгц*
	50	100	1 000	10	110	465	1
L=1 *гн*	315 *ом*	630 *ом*	6,3 *ком*	63 *ком*	690 *ком*	3 *Мом*	6,3 *Мом*
L=1 *мгн*	0,32 *ом*	0,63 *ом*	6,3 *ом*	63 *ом*	690 *ом*	3 *ком*	6,3 *ком*
L=100 *мкгн*	0,03 *ом*	0,06 *ом*	0,6 *ом*	6 *ом*	69 *ом*	300 *ом*	630 *ом*
C=1 *мкф*	3,2 *ком*	1,6 *ком*	160 *ом*	16 *ом*	1,45 *ом*	0,34 *ом*	0,16 *ом*
C=1 000 *пф*	3,2 *Мом*	1,6 *Мом*	160 *ком*	16 *ком*	1,45 *ком*	340 *ом*	160 *ом*
C=100 *пф*	32 *Мом*	16 *Мом*	1,6 *Мом*	160 *ком*	14,5 *ком*	3,4 *ком*	1.6 *ком*

Подсчет X_L, X_C и $f_{рез}$

Подсчет реактивного сопротивления индуктивности или емкости при заданной частоте, а также определение резонансной частоты контура при заданных индуктивности и емкости можно произвести, пользуясь номограммой на стр. 65.

Пример 1. *Найти* X_L индуктивности 1 *мгн* при $f = 50$ *кгц*.

Пользуясь схемой *а*, определяем по графику: $X_L = 300$ *ом*.

Пример 2. *Найти* X_C конденсатора 100 *пф* при $f = 500$ *кгц*.

Пользуясь схемой *б*, определим по графику: $X_C = 3\,000$ *ом*.

Пример 3. *Найти* резонансную частоту контура, образованного $L = 50$ *мгн* и $C = 500$ *пф*.

Пользуясь схемой *в*, определим по графику: $f_{рез} = 30$ *кгц*.

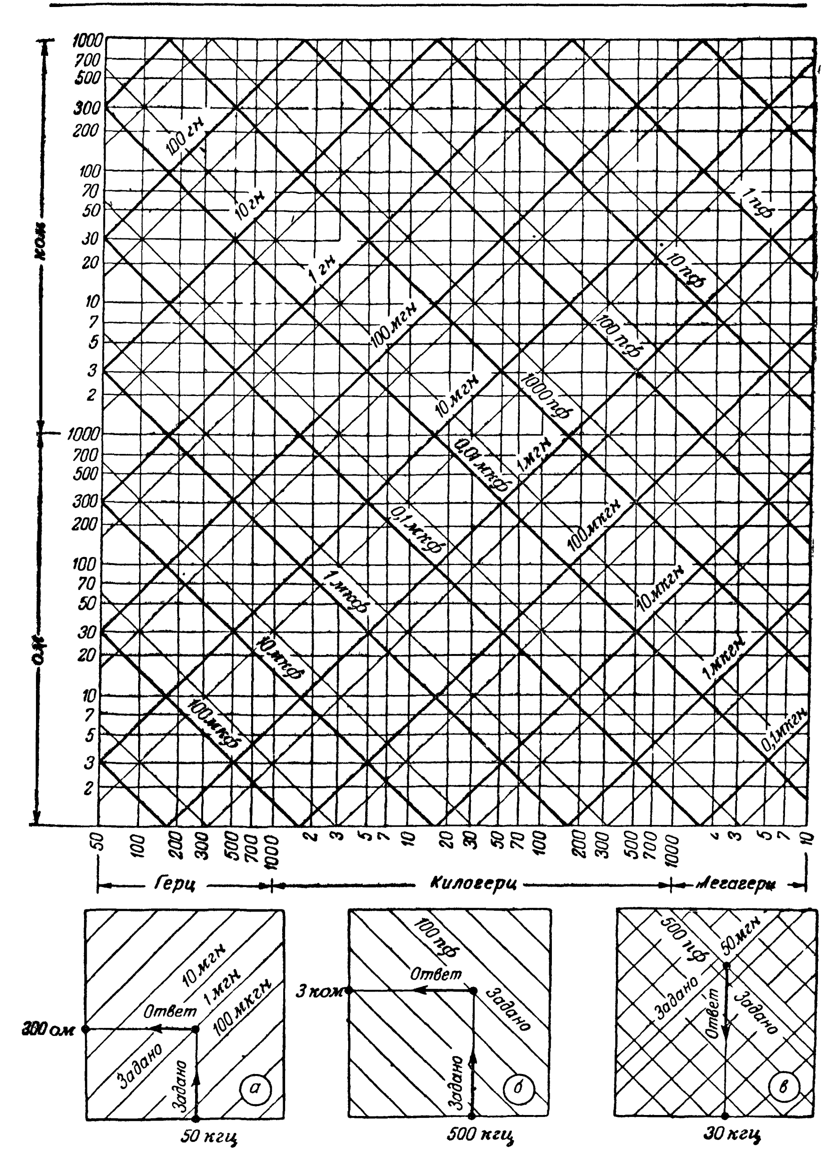
Активное сопротивление

Сопротивление цепи электрическому току, вызывающее потребление энергии в этой цепи, называется активным. Кроме электрического сопротивления материала проводника, активное сопротивление может быть обусловлено потерями энергии в диэлектрике (изоляции проводника), потерями в конструкционных магнитных материалах, потерями на вихревые токи и пр. Сильно могут сказаться эти потери на переменном токе и особенно на высоких частотах. Активное сопротивление зависит от частоты вследствие поверхностного эффекта и потерь в диэлектрике.

Работа, затрачиваемая на преодоление активного сопротивления, идет на нагревание проводника и диэлектрика.

Поверхностный эффект

Переменный ток в отличие от постоянного не распределяется равномерно по всему сечению проводника. Плотность тока возрастает от оси проводника к его поверхности (происходит как бы «вы-



Номограмма для подсчета X_L, X_C и $f_{рез}$.

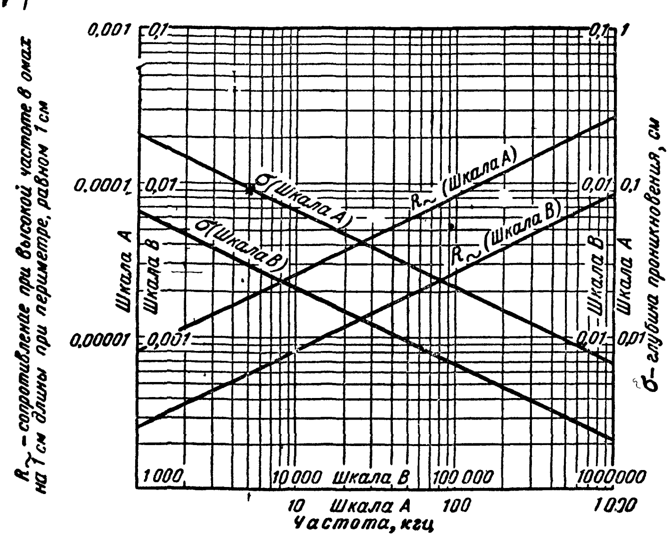
теснение» высокочастотных токов к поверхности проводника). Чем выше частота тока, больше диаметр провода, больше магнитная проницаемость и меньше удельное сопротивление материала провода, тем сильнее поверхностный эффект и тем на меньшую глубину проникают токи в толщину провода.

Глубину проникновения тока в проводник σ при высоких частотах можно приближенно подсчитать по формуле

$$\sigma = 50{,}33\sqrt{\frac{\rho}{\mu f}},$$

где ρ — удельное сопротивление материала *ом·мм²/м*;
μ — относительная магнитная проницаемость материала;
f — частота, *гц*.

Для прямого круглого провода из меди формула упрощается:
$\sigma = \frac{6{,}5}{\sqrt{f}}$, где f — частота, *гц*.



Номограмма для определения σ и $R_{\sim}$.

Сопротивление медного проводника при высоких частотах на 1 *см* длины провода можно приблизительно подсчитать по формуле

$$R_{\sim} = \frac{260\sqrt{f}\,10^{-9}}{P} \text{ ом/см},$$

где f — частота, *гц*;
P — периметр (πd) проводника, *см*

Для расчетов σ и $R_{\sim}$ можно воспользоваться номограммой.

5*

4-4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Спектр электромагнитных колебаний (волн)

Название частот (колебаний)	Частоты	Название диапазонов волн (лучей)	Название групп волн (лучей)	Длины волн
Инфранизкие	Ниже 0,1 *гц*	Низкочастотные волны	—	$3\cdot10^6$ *км*
Низкие	0,1—10 *гц*			$3\cdot10^6—3\cdot10^4$ *км*
Промышленные	10—200 *гц*			$30—1{,}5\cdot10^3$ *км*
Звуковые	20 *гц*—20 *кгц*			$15\cdot10^3—15$ *км*
Радио	Ниже 100 *кгц*	Радиоволны	Длинные	3 *км*
	0,1—1,5 *Мгц*		Средние	3 *км*—200 *м*
	1,5—6 *Мгц*		Промежуточные	200—50 *м*
	6—30 *Мгц*		Короткие	50—10 *м*
	30—300 *Мгц*		Метровые	10—1 *м*
	0,3—3 *Ггц*		Дециметровые	1—0,1 *м*
	3—30 *Ггц*		Сантиметровые	10—1 *см*
	30—300 *Ггц*		Миллиметровые	10—1 *мм*
	0,3—3 *Тгц*		Переходные	1—0,1 *мм*
Инфракрасные	3—400 *Тгц*	Инфракрасные лучи (волны)	Декамикронные	100—10 *мк*
			Микронные	10—0,76 *мк*
Световые	400—800 *Тгц*	Световые лучи (волны)	Красные	7 600—6 200 Å
			Оранжевые	6 200—5 900 Å
			Желтые	5 900—5 600 Å
			Зеленые	5 600—5 000 Å
			Голубые	5 000—4 800 Å
			Синие	4 800—4 500 Å
			Фиолетовые	4 500—3 800 Å

Продолжение

Название частот (колебаний)	Частоты	Название диапазонов волн (лучей)	Название групп волн (лучей)	Длины волн
Ультрафиолетовые	0,8—60 *кТгц*	Ультрафиолетовые лучи (волны)	Ближние Крайние	3 800—500 Å 500—50 Å
Рентгеновские	0,06—75 *МТгц*	Рентгеновские лучи (волны)	Граничные Мягкие Жесткие	50—1 Å 1—0,4 Å 0,4—0,04 Å
Гамма	75 *МТгц*—3 *ГТгц*	Гамма-лучи (волны)	Декаиксовые Иксовые	40—10 *X* 10—1 *X*
Космические	—	Космические лучи (волны)	—	0,1—0,001 *X*

кгц — килогерц = 10^3 *гц*
Мгц — мегагерц = 10^6 *гц*
Ггц — гигагерц = 10^9 *гц*
Тгц — терагерц = 10^{12} *гц*
кТгц — килотерагерц = 10^{15} *гц*
МТгц — мегатерагерц = 10^{18} *гц*
ГТгц — гигатерагерц — 10^{21} *гц*

1 *км* — километр = 10^3 *м*
1 *м* — метр — 10^2 *см*
1 *мм* — миллиметр = 10^{-1} *см*
1 *мк* — микрон = 10^{-3} *мм* = 10^{-4} *см*
1 Å — ангстрем = 10^{-8} *см*
1 *X* — икс = 10^{-11} *см*

Некоторые особенности радиоволн

Диапазон волн	Длинные	Средние	Промежуточные	Короткие	Метровые	Дециметровые	Сантиметровые
Длина волны	10 000—3 000 *м*	3 000—200 *м*	200—50 *м*	50—10 *м*	10—1 *м*	1 *м*—10 *см*	10—1 *см*
Частота	30—100 *кгц*	100—1 500 *кгц*	1,5—6 *Мгц*	6—30 *Мгц*	30—300 *Мгц*	300—3 000 *Мгц*	3000—30000 *Мгц*
Область применения	Телеграфная связь	Радиовещание	Телеграфная связь, любительская связь	Радиовещание, телеграфная и любительская связь	Радиовещание, телевидение, радионавигация, любительская связь	Телевидение, радиолокация радионавигация, радиорелейные линии связи и другие специальные применения	
Характер излучения	Преимущественно ненаправленное		Ненаправленное и направленное			Преимущественно направленное	
Характер распространения	Главным образом поверхностная волна	Поверхностная и пространственная волны		Пространственная волна	Близкое к оптическому	Прямолинейно оптическое	
Дальность	Большая, зависит от мощности передатчика			Большая, зависит от частоты	Зависит в основном от высоты передающей и приемной антенн, за пределами горизонта — от мощности передатчика и направленности антенн		
Высота отражающего слоя ионосферы для пространственной волны	60—80 *км*	100—400 *км*			Отражаются только при сильной ионизации	—	—
Помехи	Атмосферные, индустриальные, магнитного поля земли	Замирание, атмосферные, индустриальные	Замирание, от солнечной активности		От системы зажигания двигателей	—	—

Длина волны и частота

$$f(гц)=\frac{c}{\lambda}=\frac{3\cdot10^8}{\lambda(м)}=\frac{3\cdot10^5}{\lambda(км)};\quad \lambda(м)=\frac{c}{f}=\frac{3\cdot10^8}{f(гц)}=\frac{3\cdot10^5}{f(кгц)}=\frac{3\cdot10^2}{f(Мгц)};$$

$$f(кгц)=\frac{3\cdot10^5}{\lambda(м)};$$

$$f(Мгц)=\frac{300}{\lambda(м)}=\frac{3\cdot10^4}{\lambda(см)}$$

$$\lambda(см)=\frac{3\cdot10^4}{f(Мгц)}$$

f = **герц** (*гц*)
1 000 *гц* = 1 *кгц*;
1 000 *кгц* = 1 *Мгц*;
1 *Мгц* = 10^6 *гц*

λ — **метр** (*м*)
1 *м* = 10 *дц* = 100 *см* = 1 000 *мм*;
1 *мм* = 1 000 *мк*;
1 *мк* = 10 000 Å

Перевод длины волны в частоту

Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*	Длина волны, *м*	Частота, *кгц*
1	300 000	40	7 500	340	882,5	700	428,6	1 150	260,9
2	150 000	45	6 667	360	839,5	720	416,7	1 200	250,0
3	100 000	50	6 000	380	789,5	740	405,4	1 250	240,0
4	75 000	70	4 286	400	750,0	760	394,7	1 300	230,8
5	60 000	80	3 750	420	714,3	780	384,6	1 350	222,2
6	50 000	90	3 333	440	681,8	800	375,0	1 400	214,3
7	42 857	100	3 000	460	657,2	820	365,8	1 450	206,9
8	37 500	120	2 500	480	625,0	840	357,1	1 500	200,0
9	33 333	140	2 143	500	600,0	860	348,8	1 550	193,5
10	30 000	160	1 875	520	576,9	880	340,9	1 580	189,9
12	25 000	180	1 667	540	555,6	900	333,3	1 600	187,5
14	21 428	200	1 500	560	535,7	920	326,0	1 650	181,8
16	18 750	220	1 364	580	517,2	940	319,1	1 700	176,5
18	16 667	240	1 250	600	500,0	960	312,5	1 750	171,4
20	15 000	260	1 154	620	483,9	980	306,1	1 800	166,7
25	12 000	280	1 071	640	468,8	1 000	300,0	1 850	162,2
30	10 000	300	1 000	660	454,5	1 050	295,7	1 900	157,9
35	8 571	320	937,5	680	441,2	1 100	272,7	1 950	153,8
								2 000	150,0
								3 000	100,0

4-5. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ

Частота собственных колебаний контура приближенно определяется по формуле

$$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

или по номограмме на стр. 72.

Формулы для расчетов резонансной частоты $f_{рез}$, резонансной длины волны $\lambda_{рез}$, резонансной индуктивности $L_{рез}$ и резонансной емкости $C_{рез}$

$f_{рез}(гц) = \frac{159}{\sqrt{L(гн)\,C(мкф)}}$	$\lambda_{рез}(м) = 189\cdot10^4\sqrt{L(гн)\,C(мкф)}$
$f_{рез}(кгц) = \frac{5\,030}{\sqrt{L(мгн)\,C(пф)}}$	$\lambda_{рез}(м) = 59{,}6\sqrt{L(мгн)\,C(пф)}$
$f_{рез}(Мгц) = \frac{159}{\sqrt{L(мкгн)\,C(пф)}}$	$\lambda_{рез}(м) = 1{,}89\sqrt{L(мкгн)\,C(пф)}$
$L_{рез}(гн) = \frac{25\,300}{C(мкф)\,f^2(гц)}$	$C_{рез}(мкф) = \frac{25\,300}{L(гн)\,f^2(гц)}$
$L_{рез}(мгн) = \frac{25{,}3}{C(пф)\,f^2(Мгц)} = \frac{\lambda^2(м)}{3\,550\,C(пф)}$	$C_{рез}(пф) = \frac{25{,}3}{L(мгн)\,f^2(Мгц)} = \frac{\lambda^2(м)}{3\,550\,L(мгн)}$
$L_{рез}(мкгн) = \frac{25\,300}{C(пф)\,f^2(Мгц)} = \frac{0{,}28\,\lambda^2(м)}{C(пф)}$	$C_{рез}(пф) = \frac{25\,300}{L(мкгн)\,f^2(Мгц)} = \frac{0{,}28\,\lambda^2(м)}{L(мкгн)}$

Резонансная частота $f_{рез}$ или резонансная длина волны $\lambda_{рез}$ определяется, если заданы L и C одинаковыми формулами для случаев последовательного и параллельного резонанса (величиной активного сопротивления r контура пренебрегаем)

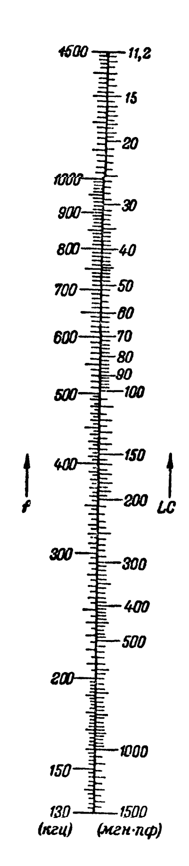
Пример 1. *Дано.* $L = 10$ *гн*; $C = 4$ *мкф*.

Определяем.

$$f_{рез} = \frac{159}{\sqrt{10\cdot4}} \approx 25 \text{ гц}.$$

Пример 2. *Дано*: $L = 100$ *мгн*; $C = 3\,000$ *пф*. *Определяем*:

$$f_{рез} = \frac{5\,030}{\sqrt{100 \cdot 3\,000}} \approx 9{,}15 \text{ кгц}.$$



Номограмма для расчета частоты контура.

Необходимую индуктивность $L_{рез}$ при заданных f и C или же $C_{рез}$ при заданных f и L можно определить, пользуясь этими же формулами или номограммой.

Пример 1. *Дано*: $f_{рез} = 468$ *кгц*; $C = 500$ *пф*. *Определяем*:

$$L_{рез} = \frac{25{,}3}{500 \cdot 0{,}47^2} \approx 0{,}21 \text{ мгн}.$$

Пример 2. *Дано* $f = 10{,}7$ *Мгц*; $L = 7{,}4$ *мкгн*. *Определяем*

$$C_{рез} = \frac{25\,300}{7{,}4 \cdot 10{,}7^2} \approx 30 \text{ пф}.$$

Пользуясь номограммой, можно упростить математические выкладки.

Пример 1. *Дано*: $f = 500$ *кгц*; $C = 500$ *пф*.

Для $f = 500$ *кгц* находим: $LC = 101$, откуда при $C = 500$ *пф*

$$L_{рез} = \frac{101}{500} = 0{,}205 \text{ мгн}.$$

Пример 2. *Дано* $f = 10$ *Мгц*; $L = 7{,}4$ *мкгн*.

Так как 10 *Мгц* = 10 000 *кгц* на шкале f номограммы не находим, можно определить значение LC для любого другого удобного значения f, например для $f = 1\,000$ *кгц*, для которого $LC = 25{,}4$. При этом следует помнить, что если заданное f в n раз больше, чем f, взятое по шкале, то найденное значение для LC нужно уменьшить в n^2 раз. В нашем случае

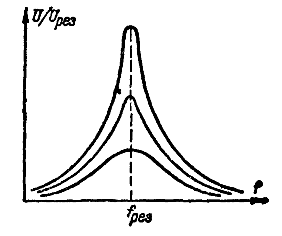
$$n = \frac{10}{1} = 10, \text{ поэтому } LC = \frac{25{,}4}{100} = 0{,}254, \text{ откуда}$$

$$C_{рез} = \frac{0{,}254}{0{,}0074} = 33 \text{ пф}.$$

Резонансная кривая, добротность, затухание и резонансное сопротивление контуров

Кривые резонанса — линии, выражающие графически зависимость амплитуды напряжения (или тока) в контуре от частоты источника питания контура Чем меньше затухание контура, тем больше амплитуда колебаний при резонансе ($f = f_{рез}$), тем острее кривая резонанса и тем круче спадает она при расстройке ($f \neq f_{рез}$). Кривую резонанса можно построить, вычислив отношение $\frac{U}{U_{рез}}$ или $\frac{I}{I_{рез}}$ по формуле

$$\frac{U}{U_{рез}} = \frac{I}{I_{рез}} \approx \frac{1}{\sqrt{1+\left[\frac{2(f-f_{рез})Q}{f_{рез}}\right]^2}}.$$



Кривые резонанса контуров при разной величине затухания.

Полоса пропускания одиночного контура ($b_{0,7}$) — полоса частот (по обе стороны от резонансной частоты), в пределах которой резонансная кривая имеет $\frac{U}{U_{рез}}$ или $\frac{I}{I_{рез}} \geqslant 0{,}707$. Расчет ширины полосы пропускания можно произвести по формуле

$$b_{0,7} = \frac{f_{рез}}{Q} = df_{рез},$$

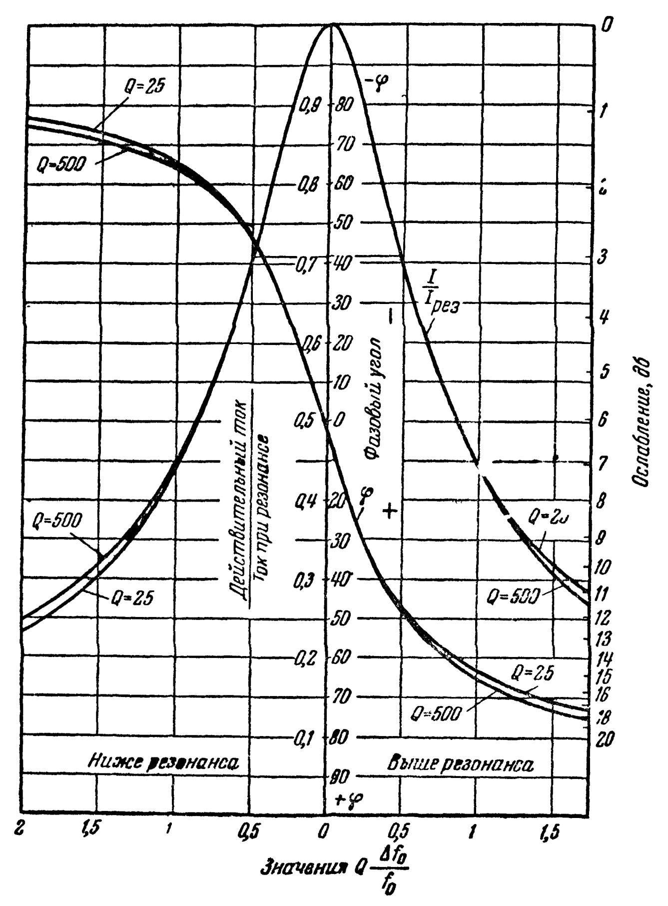
где Q — добротность; d — затухание.

На графике (стр 74) представлена обобщенная резонансная кривая последовательного одиночного контура (с добротностью 25 — 500). Кривая пригодна и для случая параллельного резонанса, но в этом случае вместо отношения $\frac{I}{I_{рез}}$ берется отношение $\frac{U}{U_{рез}}$ и меняются знаки угла сдвига фаз на обратные.

Кривая угла сдвига фаз φ характеризует сдвиги фаз между напряжением и током в контуре при различных расстройках.

Избирательность контура при заданной расстройке Δf — величина, показывающая, во сколько раз (или на сколько децибел) помеха отстоящая по частоте от резонанса на величину расстройки Δf будет пропускаться контуром слабее сигнала Упрощенный подсчет избирательности можно произвести по формуле

$$\sigma = \frac{2\Delta f}{b_{0,7}}.$$



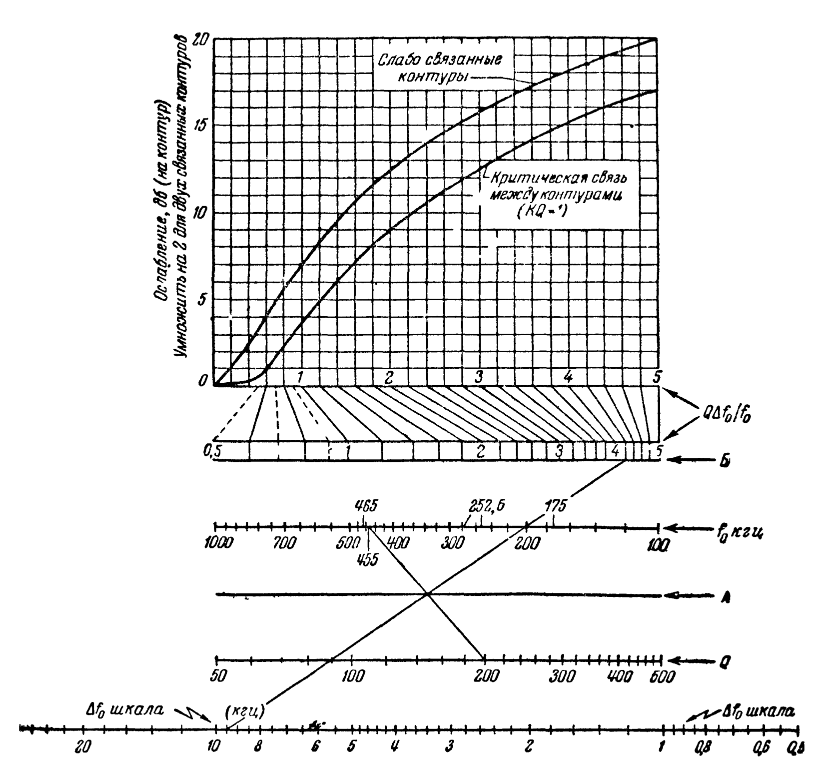
Обобщенная резонансная кривая последовательного одиночного контура.

Более точно подсчет можно произвести, пользуясь номограммой на стр. 75, причем для одиночного контура используется кривая „Слабо связанные контуры".

Пример. *Определить* полосу пропускания для одиночного контура с $Q = 200$ на частоте $f = 465$ *кгц* и ослабления для $\Delta f = 9$ *кгц*.

По формулам:

$$b_{0,7} = \frac{465}{200} \approx 2,3; \quad \sigma = \frac{2 \cdot 9}{2,3} = 7,8 \text{ раза.}$$



Номограмма для определения избирательности контура.

По номограмме:

Соединяем точку *465* на шкале f_0 с точкой *200* на шкале Q Соединяем точку *9* на шкале Δf_0 через точку пересечения первой прямой со шкалой A и продолжаем ее до пересечения со шкалой $Б$. Получаем значение $\frac{Q\Delta f}{f_0} = 4{,}2$. По кривой для слабо связанных контуров определяем ослабление, равное 18,5 *дб*, т. е 8,5 раза Для случая двух слабо связанных контуров получаем $18{,}5 \cdot 2 = 37$ *дб*, а для двух контуров при критической связи между ними получим: $15{,}5 \cdot 2 = 31$ *дб*.

Резонансное сопротивление контура — действующее сопротивление контура на резонансной частоте. Формулы для расчета см. на стр. 76.

Добротность, затухание и резонансное сопротивление контуров

$d = \frac{16\,000\, r}{fL} = \frac{fCr}{1{,}6 \cdot 10^6}$ $d = \frac{100}{R_{рез}} \sqrt{\frac{L}{C}}$ $d = \frac{r}{10} \sqrt{\frac{C}{L}}$ $d = \frac{100}{Q}$	$Q = \frac{fL}{160\, r} = \frac{1{,}6 \cdot 10^8}{fCr}$ $Q = R_{рез} \sqrt{\frac{C}{L}}$ $Q = \frac{1\,000}{r} \sqrt{\frac{L}{C}}$ $Q = \frac{100}{d}$
$d^* = \operatorname{tg} \vartheta = \frac{r}{X_{рез}} = \frac{X_{рез}}{R_{рез}(ом)}$	$Q = \frac{1}{\operatorname{tg} \vartheta} = \frac{X_{рез}}{r} = \frac{R_{рез}(ом)}{X_{рез}}$
$r = \frac{1\,000\, L}{C R_{рез}} = 10\, d \sqrt{\frac{L}{C}}$ $r = \frac{1\,000}{Q} \sqrt{\frac{L}{C}}$ $r = \frac{dfL}{16\,000} = \frac{1{,}6 \cdot 10^6\, d}{fC}$ $r = \frac{fL}{160\, Q} = \frac{1{,}6 \cdot 10^8}{CfQ}$	$R_{рез} = \frac{1\,000\, L}{Cr} = \frac{100}{d} \sqrt{\frac{L}{C}}$ $R_{рез} = Q \sqrt{\frac{L}{C}}$ $R_{рез} = \frac{fL}{1\,600\, d}$ $R_{рез} = \frac{6{,}3\, QfL}{10^6}$

d—в % (d^*—не в %); L—в *мкгн*; C—в *пф*; r—в *ом*; $R_{рез}$—в *ком*, f—в *кгц*

Температурный коэффициент частоты контура

Одним из основных факторов, влияющих на нестабильность частоты контуров гетеродина приемника, задающего генератора, передатчика, фильтра промежуточной частоты приемника, является непостоянство температуры этих контуров во время их работы. Изменения линейных размеров катушек индуктивности и пластин конденсаторов, диэлектрической проницаемости диэлектриков и магнитной проницаемости магнитодиэлектриков определяют значения ТКИ катушек и ТКЕ конденсаторов, из которых составлен контур.

Основные формулы для расчета колебательного контура

Схема	Полное сопротивление в точках а и б при f_x	Фаза при f_x	Резонансная частота	Резонансное сопротивление в точках а и б	Фазовый угол при $f_{рез}$	$f_1 < f_{рез} > f_2$
а, б; L, C (последовательно)	$X = X_L - X_C$	$tg\,\varphi = \mp\infty$	$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез} = 0$	$\varphi = 0$	X, φ; +90°; X; 0; f; −90°; φ; $f_{рез}$
а, б; C, L (параллельно)	$X = \frac{-X_L X_C}{X_L - X_C}$	$tg\,\varphi = \pm\infty$	$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез} = \infty$	$\varphi = 0$	X, φ; +90°; 0; f; φ; X; −90°; $f_{рез}$
а, б; L, r, C (последовательно)	$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}$	$tg\,\varphi = \frac{X_L - X_C}{r}$	$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез} = r$	$\varphi = 0$	Z, φ; Z; r; 0; f; $f_{рез}$
а, б; C ∥ (L, r)	$Z = X_C\sqrt{\frac{r^2 + X_L^2}{r^2 + (X_L - X_C)^2}}$	$tg\,\varphi = \frac{-X_L(X_L - X_C) - r^2}{X_C\, r}$	$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез} = \frac{L}{Cr}$	$\varphi = 0$	Z, φ; $Z_{рез}$; Z; 0; f; φ; $f_{рез}$
а, б; C, R, L (параллельно)	$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}}$	$tg\,\varphi = R\,\frac{X_C - X_L}{X_L\, X_C}$	$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$R_{рез} = R$	$\varphi = 0$	Z, φ; $Z_{рез}$; Z; 0; f; $f_{рез}$

X, X_L, X_C, R, r, Z — в ом; f — в гц, L — в гн; C — в ф

Мерой изменения частоты контура в зависимости от температуры является так называемый температурный коэффициент частоты ТКЧ, означающий относительное изменение частоты $\Delta f/f$ на 1° С.

Частоту контура при данной температуре можно определить (при условии, если известны его частота при нормальной температуре и ТКЧ контура) по формуле

$$f_t = f_0 [1 + \alpha_ч (t - t_0)],$$

где f_0 — частота контура при нормальной (или первоначальной) температуре t_0;
$\alpha_ч$ — температурный коэффициент частоты контура;
f_t — частота при заданной температуре t.

ТКЧ связан с ТКИ и ТКЕ контура следующим равенством:

$$\alpha = -\frac{\alpha_L + \alpha_C}{2},$$

где α_L — ТКИ и α_C — ТКЕ.

Существует несколько методов температурной компенсации контуров: метод самокомпенсации, который сводится к использованию в контуре деталей специальной конструкции; метод схемной компенсации с использованием в схеме контура специальных термокомпенсирующих конденсаторов с отрицательным ТКЕ; метод термостатирования, при котором контур помещается в термостат, автоматически поддерживающий заданную температуру.

При любом из этих методов в первую очередь следует применять высокостабильные детали (индуктивности на керамических каркасах, конденсаторы переменной емкости специальных конструкций, керамические конденсаторы постоянной емкости). Кроме того, контур должен быть размещен вдали от сильно нагретых частей схемы.

Расчет перекрытия по частоте

Перекрытие диапазона волн, т. е. отношение максимальной длины волны (или частоты) к минимальной длине волны (или частоте) контура при неизменной катушке индуктивности, зависит от отношения максимальной емкости контура к минимальной:

$$k_п = \frac{\lambda_{макс}}{\lambda_{мин}} = \frac{f_{макс}}{f_{мин}} = \sqrt{\frac{C'_{макс}}{C'_{мин}}} = \sqrt{\frac{C_{макс} + C_0}{C_{мин} + C_0}},$$

где $\lambda_{макс}$ и $\lambda_{мин}$ — максимальная и минимальная длины волн, получаемые при изменении емкости конденсатора;
$f_{макс}$ и $f_{мин}$ — максимальная и минимальная частоты;
$C'_{макс}$ и $C'_{мин}$ — максимальная и минимальная емкости контура;
$C_{макс}$ и $C_{мин}$ — максимальная и минимальная емкости конденсатора;
C_0 — неизменная емкость схемы (емкости монтажа, катушки, междуэлектродные емкости).

Максимальная частота контура — частота при полностью выведенном, а минимальная — при полностью введенном конденсаторе.

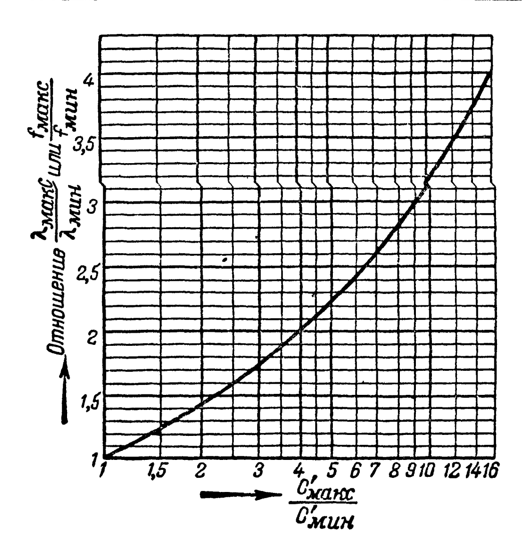


График для определения перекрытия диапазона.

Чтобы получить определенный диапазон перекрытия частот (волн), надо обеспечить перекрытие по емкости, равное квадрату выбранного перекрытия по частоте.

Средние величины емкостей схемы

Участок схемы	Емкость, *пф*
Входная емкость лампы . . .	Из таблиц
Емкость монтажа	5—20
Собственная емкость однослойной катушки	3—5
Собственная емкость катушки типа „универсаль"	5—25

Пример. Чтобы перекрыть конденсатором контура диапазон 200 — 600 *м* $\left(k_n = \frac{600}{200} = 3\right)$, надо перекрытие по емкости сделать равным $3^2 = 9$, т. е. при максимальной емкости контура 500 *пф* минимальная емкость его должна быть равна $\frac{500}{9} \approx 56$ *пф*.

Подгонка осуществляется при помощи подстроечного конденсатора. Индуктивность контура рассчитывается для заданного значения $\lambda_{мин} = 200$ *м* и $C_{мин} = 56$ *пф*.

4-6. СВЯЗАННЫЕ КОНТУРЫ И ПОЛОСОВЫЕ ФИЛЬТРЫ

Система из двух или более связанных контуров образует полосовой фильтр.

Виды связи: индуктивная, автотрансформаторная, емкостная, активная (гальваническая).

Емкостная связь часто возникает при наличии паразитной взаимной емкости между элементами связанных контуров. Так, например, при индуктивной связи всегда имеет место и емкостная связь, обусловленная паразитными взаимными емкостями между катушками обоих контуров.

Коэффициент связи k является количественной характеристикой степени (величины) связи между контурами. Наиболее сильной связи соответствует коэффициент связи $k = 1$. Коэффициент связи часто выражают в процентах $k\% = k\,100$.

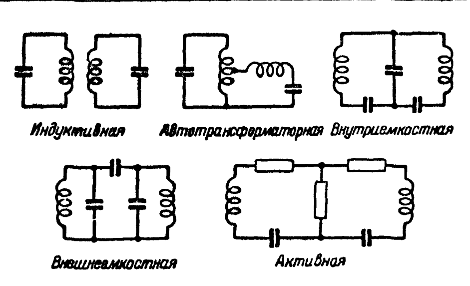
Коэффициент связи определяется по формуле

$$k = \frac{Z}{\sqrt{Z_1 Z_2}},$$

где k— коэффициент связи двух контуров;

Z — общее для обоих контуров сопротивление;

Z_1 и Z_2 — сопротивления первого и второго контуров того же типа, что и Z.



Виды связи.

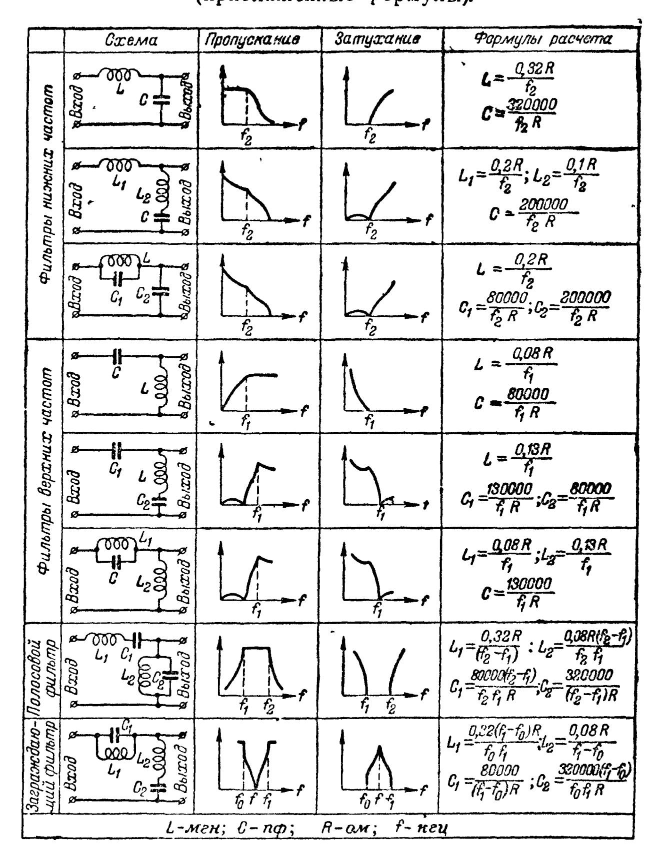
Расчет коэффициента связи
(приближенные формулы)

Схема	Формула
	$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$
	$k = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{C_{св}}$ (при $C_{св} \gg C_1, C_2$)
	$k = \frac{L_{св}}{\sqrt{L_1 L_2}}$ (при $L_{св} \ll L_1, L_2$)
	$k = \frac{R_{св}}{\sqrt{R_1 R_2}}$
	$k = \frac{C_{св}}{\sqrt{C_1 C_2}}$ (при $C_{св} \ll C_1, C_2$)
	$k = \frac{\sqrt{L_1 L_2}}{L_{св}}$ (при $L_{св} \gg L_1, L_2$)
	$k = \frac{n^2 C_{св}}{C + n^2 C_{св}}$ (при $n = \frac{L'}{L} < 1$)

Критическая связь — значение коэффициента связи, соответствующее передаче максимальной мощности во вторичный контур.

Расчет простейших LC фильтров

(приближенные формулы).



	Формулы расчета
Фильтры нижних частот	$L=\frac{0{,}32R}{f_2}$; $C=\frac{320000}{f_2 R}$
Фильтры нижних частот	$L_1=\frac{0{,}2R}{f_2}$; $L_2=\frac{0{,}1R}{f_2}$; $C=\frac{200000}{f_2 R}$
Фильтры нижних частот	$L=\frac{0{,}2R}{f_2}$; $C_1=\frac{80000}{f_2 R}$; $C_2=\frac{200000}{f_2 R}$
Фильтры верхних частот	$L=\frac{0{,}08R}{f_1}$; $C=\frac{80000}{f_1 R}$
Фильтры верхних частот	$L=\frac{0{,}13R}{f_1}$; $C_1=\frac{130000}{f_1 R}$; $C_2=\frac{80000}{f_1 R}$
Фильтры верхних частот	$L_1=\frac{0{,}08R}{f_1}$; $L_2=\frac{0{,}13R}{f_1}$; $C=\frac{130000}{f_1 R}$
Полосовой фильтр	$L_1=\frac{0{,}32R}{(f_2-f_1)}$; $L_2=\frac{0{,}08R(f_2-f_1)}{f_2 f_1}$; $C_1=\frac{80000(f_2-f_1)}{f_2 f_1 R}$; $C_2=\frac{320000}{(f_2-f_1)R}$
Заграждающий фильтр	$L_1=\frac{0{,}32(f_1-f_0)R}{f_0 f_1}$; $L_2=\frac{0{,}08R}{f_1-f_0}$; $C_1=\frac{80000}{(f_1-f_0)R}$; $C_2=\frac{320000(f_1-f_0)}{f_0 f_1 R}$

L — *мгн*; C — *пф*; R — *ом*; f — *кгц*

Приведенные формулы дают приближенные значения величин L и C. В этих формулах принято, что сопротивление нагрузки фильтра R равно характеристическому сопротивлению фильтра:

$$\rho = 1\,000 \sqrt{\frac{L}{C}}\ \textit{ом},$$

где L — в *гн*, а C — в *мкф*.

$$\textit{Пропускание} = \frac{\textit{напряжение на выходе}}{\textit{напряжение на входе}}.$$

$$\textit{Затухание} = \frac{\textit{напряжение на входе}}{\textit{напряжение на выходе}}.$$

Безындукционные фильтры

Контуры, содержащие только активные сопротивления и емкости, получили название *RC* фильтров. Они значительно проще по конструкции и дешевле *LC* фильтров.

Расчет некоторых *RC* фильтров

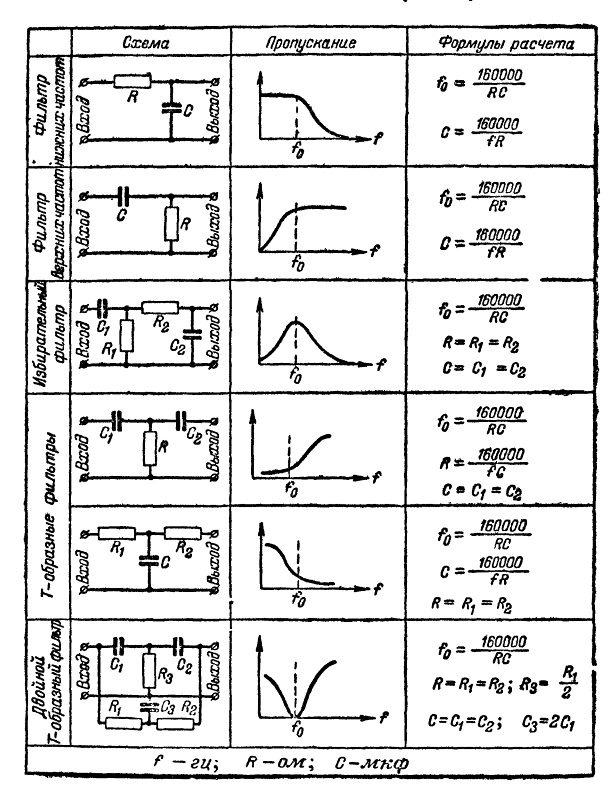


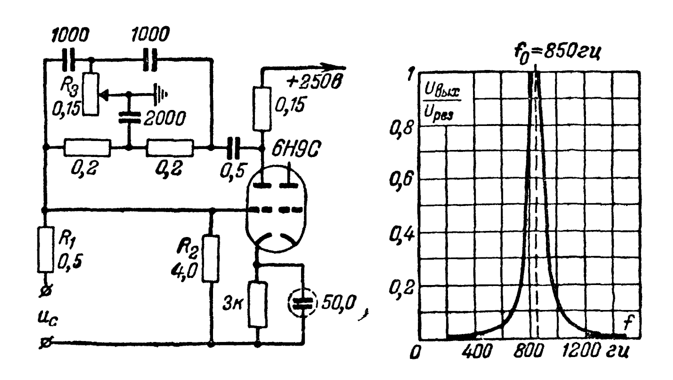
	Схема	Пропускание	Формулы расчета
Фильтр нижних частот	Вход, Выход; R, C	f, f_0	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $C = \frac{160000}{fR}$
Фильтр верхних частот	Вход, Выход; C, R	f, f_0	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $C = \frac{160000}{fR}$
Избирательный фильтр	Вход, Выход; C_1, R_1, R_2, C_2	f, f_0	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $R = R_1 = R_2$; $C = C_1 = C_2$
Т-образные фильтры	Вход, Выход; C_1, R, C_2	f, f_0	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $R = \frac{160000}{fC}$; $C = C_1 = C_2$
	Вход, Выход; R_1, C, R_2	f, f_0	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $C = \frac{160000}{fR}$; $R = R_1 = R_2$
Двойной Т-образный фильтр	Вход, Выход; C_1, R_3, C_2, R_1, C_3, R_2	f, f_0	$f_0 = \frac{160000}{RC}$; $R = R_1 = R_2$; $R_3 = \frac{R_1}{2}$; $C = C_1 = C_2$; $C_3 = 2C_1$

f — гц; *R* — ом; *C* — мкф

Некоторые практические ламповые схемы фильтров

Избирательный фильтр-усилитель на частоту 850 *гц*

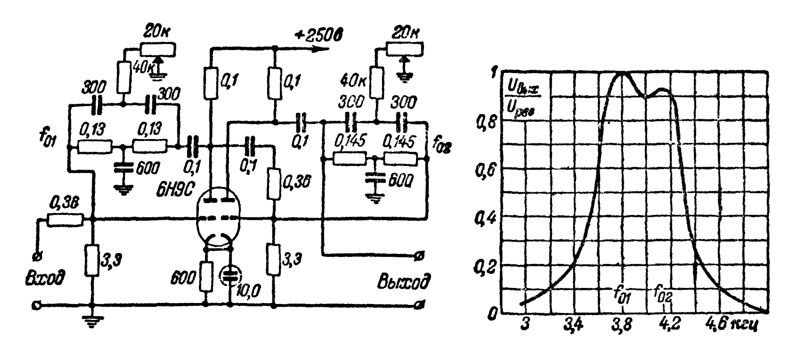
Фильтр *RC* включен в цепь обратной связи, поэтому характеристика перевернута и на частоте $f_0 = 850$ *гц* усиление схемы будет максимальным. Кривая избирательности очень остра (на высоте $0{,}7\Delta f \approx 60$ *гц*, т. е. $\frac{\Delta f}{f} = \frac{60}{850} = 0{,}07$). Сопротивление $R_1 = 0{,}5$ *Мом* включено для того, чтобы ослабить шунтирующее действие сопротивления источника u_c. Регулировку ширины полосы пропускания



фильтра можно осуществить изменением сопротивления R_2: чем больше это сопротивление, тем уже полоса. Точная настройка фильтра на заданную частоту осуществляется при помощи переменного сопротивления R_3. Это сопротивление можно выполнить из двух последовательных сопротивлений, из которых одно—переменное.

Полосовой фильтр-усилитель на частоту около 4 000 *гц*

В схеме использован двухкаскадный усилитель на двойном триоде 6Н9С. Частоты фильтров f_{01} и f_{02} несколько различны. Ширина полосы пропускания фильтра 650 *гц*.



Формулы расчета звеньев из *RL* или *RC*

Схема	Полное сопротивление, *ом*	Тангенс фазового угла	Тангенс угла потерь	Постоянная времени звена
	$Z=\sqrt{r^2+X_L^2}$	$\operatorname{tg}\varphi=\frac{X_L}{r}$	$\operatorname{tg}\vartheta=\frac{r}{X_L}$	$\tau\,(сек)=\frac{L\,(гн)}{r\,(ом)}$; $\tau\,(мксек)=\frac{L\,(мгкн)}{r\,(ом)}$
	$Z=\sqrt{r^2+X_C^2}$	$\operatorname{tg}\varphi=\frac{-X_C}{r}$	$\operatorname{tg}\vartheta=\frac{r}{-X_C}$	$\tau\,(сек)=r(Мом)C(мкф)$; $\tau\,(мксек)=r\,(ом)\,C\,(пф)$
	$Z=\frac{RX_L}{\sqrt{R^2+X_L^2}}$	$\operatorname{tg}\varphi=\frac{R}{X_L}$	$\operatorname{tg}\vartheta=\frac{X_L}{R}$	$\tau\,(сек)=\frac{L\,(гн)}{R\,(ом)}$; $\tau\,(мксек)=\frac{L\,(мгн)}{R\,(ком)}$
	$Z=\frac{RX_C}{\sqrt{R^2+X_C^2}}$	$\operatorname{tg}\varphi=\frac{-R}{X_C}$	$\operatorname{tg}\vartheta=\frac{-X_C}{R}$	$\tau\,(сек)=R(Мом)\times C(мкф)$; $\tau\,(мксек)=R\,(ом)\,C\,(пф)$

Z — полное сопротивление; $\operatorname{tg}\varphi$ — тангенс угла сдвига фаз (фазового угла) — отношение активного сопротивления r или R к реактивному X_L или X_C, $\operatorname{tg}\vartheta$ — тангенс угла потерь (иногда называется коэффициентом потерь) — обратная величина $\operatorname{tg}\varphi$, τ — постоянная времени

Расчет фильтрующих свойств *RL* и *RC* звеньев

Схема	Постоянная времени	Полное сопротивление	Напряжения и токи		Качество фильтрации
	$\tau = CR$	$Z = \frac{R}{a_1}$	$u_C = a_2 u$	$u_R = a_1 u$	$S = \frac{1}{a_2}$
	$\tau = \frac{L}{R}$	$Z = \frac{R}{a_2}$	$u_L = a_1 u$	$u_R = a_2 u$	$S = \frac{1}{a_1}$
	$\tau = CR$	$Z = a_2 R$	$i_C = a_1 i$	$i_R = a_2 i$	$S = \frac{1}{a_2}$
	$\tau = \frac{L}{R}$	$Z = a_1 R$	$i_L = a_2 i$	$i_R = a_1 i$	$S = \frac{1}{a_1}$

τ — постоянная времени (в *сек*, если C в *мкф* и R в *Мом* или L в *гн* и R в *ом*), Z — полное сопротивление звена, a — коэффициент ослабления; S — качество фильтрации (обратное значение величины a), определяет фильтрующие свойства звена для напряжения, поданного к точкам *а* и *б*.

Коэффициент ослабления a зависит от частоты.

Для $f < \frac{f_{гр}}{3}$

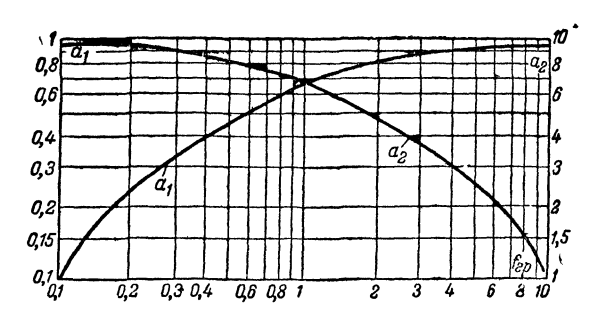
$$a_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{гр}}{f}\right)^2}} \approx \frac{f}{f_{гр}},$$

а для $f > 3f_{гр}$

$$a_2 = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f}{f_{гр}}\right)^2}} \approx \frac{f_{гр}}{f},$$

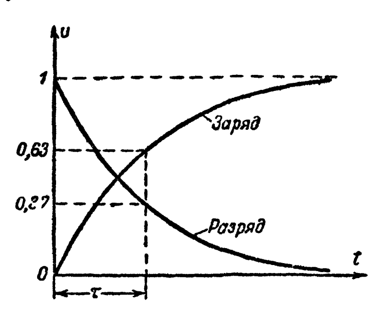
где $f_{гр}$ — граничная частота $\left(f_{гр} = \frac{1}{6,3\tau}\right)$, при которой $R = X$.

Значение величины a для подсчитанного значения граничной частоты $f_{гр}$ выбранного звена можно определить, пользуясь графиком для частот $0,1 - 10f_{гр}$.



4-7. ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ

Постоянная времени практически указывает, через какой промежуток времени (в секундах) напряжение разряжаемого конденсатора уменьшится в e раз, т. е. до $1/e = 1/2,718 \approx 0,37 = 37\%$ рассматриваемого напряжения. При заряде конденсатора постоянная времени указывает время (в секундах), в течение которого напряжение на конденсаторе повысится до $0,63 = 63\%$ заряжающего напряжения. Эти же рассуждения относятся к процессу установления тока в катушке индуктивности.



Кривые заряда и разряда конденсатора

Для приведенных кривых

$$u = U\left(1 - e^{\frac{-t}{\tau}}\right); \quad u = Ue^{\frac{-t}{\tau}},$$

где u — мгновенное напряжение на конденсаторе по прошествии t *сек*, а U — приложенное к RC напряжение.

Постоянная времени (в секундах)

$$\tau = RC \text{ или } \frac{L}{R},$$

где R — *ом*; C — *ф*; L — *гн*.

Время, которое требуется, чтобы напряжение на конденсаторе достигло 99% заряжающего (соответственно и нарастание тока в катушке), равно 4,6 τ, а до 99,9% — 6,9τ.

Пример. *Дано*: $R = 1$ *Мом*; $C = 0,1$ *мкф*.

Определяем:

Постоянная времени

$$\tau = RC = 1 \cdot 10^6 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 0,1 \text{ сек.}$$

Коэффициент фильтрации этой цепи (для частоты, например, 10 *гц*)

$$K_{ф} = \omega RC = 2\pi fCR = 2\pi f\tau = 6,28 \cdot 10 \cdot 0,1 = 6,28.$$

Граничная частота

$$f_{гр} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{6,28 \cdot 0,1} = 1,6 \text{ гц.}$$

4-8. ПРОХОЖДЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

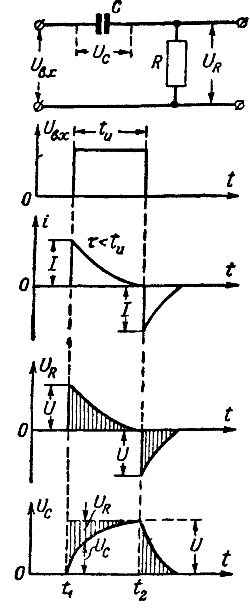
Электрический импульс — напряжение или ток, действующие в электрической цепи в течение малого промежутка времени, длительность которых меньше интервала времени между импульсами.

Переходными процессами в электрических цепях называются такие электрические процессы, которые связаны с изменением общего запаса энергии в этих цепях. Как только изменение общего запаса энергии прекращается, переходный процесс заканчивается. Переходный процесс наблюдается при включении (и выключении) источников напряжения и тока в цепь, содержащую индуктивность или емкость или и то и другое, а также при подключении сопротивлений, индуктивностей или емкостей (или их комбинаций) к различным участкам цепи, на которых имеется падение напряжения.

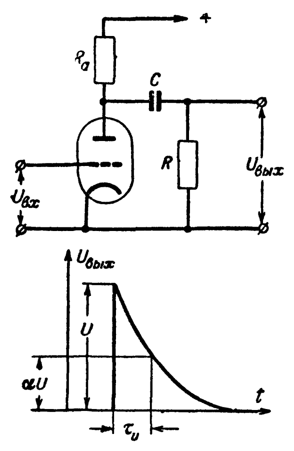
Дифференцирующая цепь. Цепь, составленная из емкости C и сопротивления R, постоянная времени τ которой много меньше длительности рабочего импульса $t_и$, т. е. $\tau \ll t_и$, называется дифференцирующей цепью. При подаче в такую цепь прямоугольного импульса на R появляются два выброса напряжения противоположной полярности. Реже встречаются на практике дифференцирующие цепи из R и L.

Пиковое значение выбросов равно значению $U_{вх}$. Скорость спадания напряжения зависит от $\tau = 3RC$. Чем τ меньше, тем скорость больше и тем острее импульсы напряжения на выходе дифференцирующей цепи.

Дифференцирующие цепи применяются для получения кратковременных импульсов. Ограничивающими факторами являются крутизна фронта входного импульса и наличие паразитных емкостей.



Дифференцирующая цепь и графики тока и напряжений



К расчету дифференцирующей цепи

При очень большом τ по сравнению с t_u дифференцирующая цепь превращается в переходную, служит для отделения постоянной составляющей (например, анодного напряжения) и применяется в качестве элемента связи между каскадами радиотехнических устройств.

Расчет дифференцирующей цепи

Напряжение на выходе

$$U_{вых} = Ue^{\frac{-t}{\tau}}.$$

Ширина импульса при дифференцировании τ_u обычно оценивается на уровне, составляющем 1—5% максимального. Для этого уровня

$$U_{вых} = aU,$$

где

$$a = e^{\frac{-\tau_u}{\tau}} \quad \text{и} \quad \tau = RC.$$

Для $a = 1 \div 5\%$

$$\frac{\tau_u}{\tau} = 3 \div 4{,}6.$$

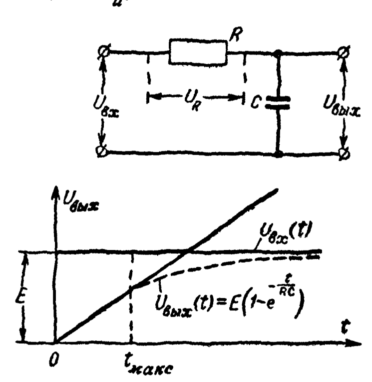
Значение емкости конденсатора C определяется значением паразитных емкостей схемы и выбирается обычно равным двум-трем значениям общей паразитной емкости (обычно 40—60 *пф*).

Выбор сопротивлений R и R_a определяет максимальную величину импульса на выходе при заданном значении τ_u:

$$R = R_a = \frac{\tau}{2C}.$$

Интегрирующая цепь. Цепь, составленная из емкости C или индуктивности L (или их комбинации) и сопротивления R, постоянная времени τ которой много больше временного интервала t, называется интегрирующей цепью.

$$U_{вых}(t) = E\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right).$$



Интегрирующая цепь и график выходного напряжения.

Если, например, на вход подано прямоугольное напряжение с амплитудой E, то на выходе получается напряжение $U_{вых}(t)$, изменяющееся по экспоненциальному закону. В интересующем нас интервале $(0 - t_{макс})$, длительность которого мала по сравнению с постоянной времени цепи $\tau = RC$, график $U_{вых}(t)$ оказывается близким к прямой линии, т. е. к графику точного интеграла функции $U_{вх}(t)$. Выражение для $U_{вых}(t)$ будет тем точнее, чем больше неравенство $RC \gg t_{макс}$.

Главными областями применения интегрирующих цепей являются получение линейно изменяющихся токов и напряжений, селекция импульсов по длительности (телевидение, многоканальные системы связи) и математические операции в счетно-решающих устройствах.

4-9. ВНУТРЕННИЕ ШУМЫ ПРИЕМНИКА И УСИЛИТЕЛЯ

Шумы в приемном (усилительном) устройстве вызываются флуктуационным током в проводящих цепях (провода, сопротивление) и некоторыми эффектами в электронных лампах.

Шумы сопротивлений вызываются хаотическим движением электронов в проводнике. Напряжение шума $U_{шR}$ на активном сопротивлении R определяется выражением

$$U_{шR} = 4kTR\Delta f,$$

где $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ *вт·сек/град* — постоянная Больцмана;

T — абсолютная температура, °K;

Δf — ширина полосы пропускания рассматриваемого устройства
Для $t = 20°$ C, т. е. для $T = 293°$ K,

$$U_{шR} = 0,125 \sqrt{R\Delta f},$$

где $U_{шR}$ — *мкв*; R — *ком*; Δf — *кгц*.

Если в схеме имеется несколько последовательных источников шумовых напряжений, то общее напряжение их определяется как

$$U_ш = \sqrt{U_{ш1}^2 + U_{ш2}^2}.$$

Для контуров шумовым сопротивлением считается $R_{рез}$, а для антенн — сопротивление потерь (на длинных и средних волнах) и сопротивление излучения (на коротких и особенно ультракоротких волнах).

Шумы ламп. Главным источником шума ламп является дробовой эффект, т. е. неравномерность излучения электронов катодом. Изменяющийся в связи с этим анодный ток можно рассматривать как сумму постоянного тока и беспорядочно меняющегося „шумового" тока. Величина последнего зависит от тока эмиссии катода, режима работы лампы и полосы пропускания приемника.

В многосеточных лампах ток анода распределяется между анодом и положительно заряженными сетками, причем распределение это по времени неравномерно, что вызывает дополнительный шум; это является причиной того, что многосеточные лампы „шумят" сильнее триодов.

Шумы вызываются также наведенными на сетке лампы токами за счет конечного времени пролета электронами расстояния между катодом и сеткой. У обычных ламп этот вид шума становится заметным на частотах выше 30 *Мгц*.

Чтобы иметь возможность сравнивать шум ламп с шумом сопротивлений, можно представить суммарный шум лампы как шум эквивалентного сопротивления, включенного последовательно в цепь сетки лампы.

4-10. ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ДИАПАЗОНА

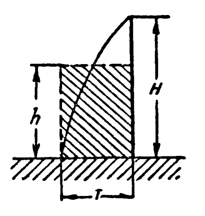
Наружная антенна

Параметры антенны. Основными параметрами антенны являются: действующая высота, емкость, собственная длина волны, сопротивление излучения, волновое сопротивление и к. п. д., а для антенны УКВ диапазона, кроме того, — направленность действия.

Действующая высота антенны h из-за неравномерности распределения тока в антенне не равна ее геометрической высоте H. Она может быть рассчитана как высота эквивалентного прямоугольника, основание которого равно эффективному значению тока в пучности, а площадь (прямоугольника) равна площади фигуры, ограниченной геометрической длиной антенны и кривой распределения тока в ней.

Коэффициент укорочения

$$k = \frac{h}{H}.$$



Действующая высота антенны.

Собственной волной антенны λ_0 называется резонансная волна антенны без дополнительных органов настройки у нижнего конца антенны, который заземлен. С достаточной для практики точностью λ_0 можно определить по формуле

$$\lambda_0 = \beta\Lambda,$$

где β — волновой коэффициент, а Λ — полная длина антенны (значения β и Λ для разных типов антенн приведены в таблице на стр. 93).

Для антенн, длина которых много меньше четверти длины волны (для длинных волн), можно считать, что ток распределяется равномерно по всей длине антенны; полученные из таких расчетов параметры называются статическими.

Статические емкость C_c и индуктивность L_c любительских антенн, установленных в городе, рассчитать трудно. Приближенно можно принять для однолучевых Г-образной и Т-образной антенн

$$C_c = 5\Lambda,$$

а для двухлучевых

$$C_c = (7 \div 8)\,\Lambda,$$

где C_c — емкость антенны, *пф*; Λ — полная длина антенны, *м*.

Статическая индуктивность антенны

$$L_c = \frac{\Lambda^2}{C_c}.$$

Для антенн, установленных в открытых местах вдали от больших строений,

$$C_c = C_г + C_{сн},$$

где $C_г$ и $C_{сн}$ — емкости горизонтальной части и снижения, *пф*.

Для однолучевой антенны

$$C_г = \frac{1{,}1 b_г}{4{,}6 \lg \frac{2h}{q}} \quad \text{и} \quad C_{сн} = \frac{1{,}1 l_{сн}}{\lg \frac{l_{сн}}{q\sqrt{3}}},$$

где $b_г$ — длина горизонтальной части, *см*;
$l_{сн}$ — длина снижения, *см*;
h — высота подвеса, *см*;
q — радиус снижения, *см*.

Динамические емкость $C_д$ и индуктивность $L_д$ для антенны, работающей на собственной волне (без удлинения),

$$C_д = 0{,}63C_c \quad и \quad L_д = 0{,}63L_c.$$

Для антенны, настроенной на волну, в 2—3 раза больше собственной,

$$C_д = C_c \quad и \quad L_д = 0{,}5L_c.$$

Сопротивление излучения антенны $R_{изл}$ сравнительно мало влияет на качество приемной антенны и определяет мощность, которую антенна излучает в окружающее пространство:

$$R_{изл} = 1\,600\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2,$$

где $R_{изл}$ — *ом*; h — *м*; λ — *м*.

Обычные любительские приемные антенны обладают общим сопротивлением (включая сопротивление заземления и сопротивление утечки) порядка 20—40 *ом*, что значительно превышает сопротивление излучения.

Волновое сопротивление антенны ρ (в омах) определяется как отношение амплитуды напряжения к амплитуде тока в пучности. Волновое сопротивление полуволнового вибратора можно подсчитать по формуле волнового сопротивления для одиночного провода:

$$\rho = 133\left(\lg\frac{2l}{d} - 0{,}435\right).$$

В случае симметричного питания вибратора

$$\rho = 276\left(\lg\frac{2l}{d} - 0{,}435\right),$$

где l — длина вибратора, а d — диаметр провода.

Коэффициент полезного действия антенны определяет отношение полезно используемой мощности к полной мощности, развиваемой в антенне.

Для приемной антенны

$$\eta = \frac{R_э}{R_a},$$

где $R_э$ — сопротивление, эквивалентное потерям во входном контуре приемника;

R_a — полное сопротивление антенны.

Для передающей антенны

$$\eta = \frac{R_{изл}}{R_a},$$

где $R_{изл}$ — сопротивление излучения.

Таблица для расчета антенн

Тип антенны	Схема	Действующая высота h	Волновой коэффициент β	Полная длина антенны Λ	Собственная длина волны λ_0
Вертикальная (четвертьволновая)	H	$\frac{2}{\pi} H$	4,1	H	4,1 H
Наклонная однолучевая	H	$\approx {}^1/_2\ H$ (для $H < \lambda$)	4,2	H	4,2 H
Удлиненная вертикальная	H	$\approx {}^1/_2\ H$	—	—	—
Г-образная	b, H	$\approx H$ (для $H < \lambda$)	5,5	$H + b$	5,5 $(H + b)$
Т-образная	b, H	$\approx H$ (для $H < \lambda$)	7—10	$H + \frac{b}{2}$	7—10$\left(H + \frac{b}{2}\right)$
Зонтичная	b, H, $H_з$	$\frac{1}{3}(H + 2H_з)$	8—10	$H + \frac{b}{2}$	8—10$\left(H + \frac{b}{2}\right)$

Рамочная антенна

Эта антенна обладает ярко выраженным направленным действием. Действующая высота такой антенны при приходе сигналов с наиболее выгодного направления

$$h_д = \frac{2\pi wS}{\lambda},$$

где w — число витков рамки;
S — площадь витка, $м^2$;
λ — длина волны, $м$.

Рамочная антенна в сочетании с конденсатором переменной емкости образует входной контур приемника, напряжение (в вольтах) на котором

$$U = Qe = \omega BSwQ\,10^{-8},$$

где Q — добротность контура;
w — число витков рамки;
S — площадь рамки, $см^2$;
B — индукция в воздухе, обусловленная полем передатчика, $гс$;
$e = Eh_д$ — наведенная в рамке э. д. с. (E — напряженность поля, $h_д$ — действующая высота рамки).

Магнитная антенна

Обычная рамочная антенна занимает много места в приемнике. В последнее время появились рамочные антенны с ферромагнитным (ферритовым) сердечником, получившие название магнитных (ферритовых) антенн.

Напряжение в контуре при использовании магнитной антенны

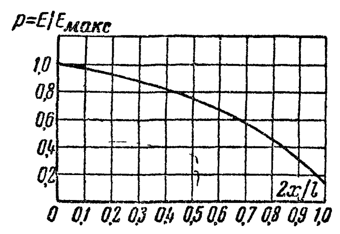
$$U = \omega\mu_д BSwQ 10^{-8},$$

где $\mu_д$ — действующая проницаемость сердечника, зависящая от отношения его длины к диаметру и проницаемости материала;
B — индукция в воздухе, обусловленная полем передатчика, $гс$,
w — число витков катушки (рамки), надетой на ферритовый стержень,
S — площадь катушки, $см^2$.

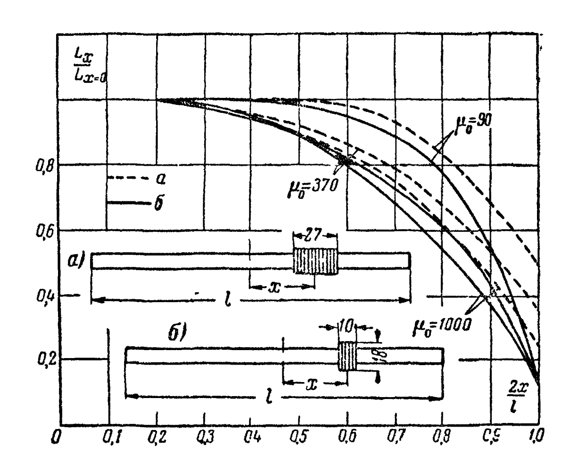
Действующая высота магнитной антенны несколько меньше действующей высоты рамки, но зато добротность значительно выше:

$$h_д = \frac{2\pi wS\mu_д}{\lambda} kp 10^{-4},$$

Зависимость коэффициента k от отношения длины катушки к длине сердечника.



Зависимость коэффициента p от расположения катушки на сердечнике.



Относительное изменение индуктивности катушки в зависимости от ее расположения на сердечнике.
а — для однослойной катушки; б — для многослойной катушки.

где k — коэффициент, зависящий от отношения длины катушки к длине сердечника;

$p = E/E_{макс}$ — коэффициент, учитывающий смещение катушки относительно середины сердечника.

Эта формула справедлива для однослойной катушки, диаметр которой близок к диаметру сердечника.

Для магнитных антенн в диапазоне длинных и средних волн в качестве материала сердечника рекомендуется использовать ферриты с $\mu_0 = 400 \div 1\,000$ *гс/эрс* (см. стр. 462). Для получения большого значения μ_∂ отношение длины сердечника к его диаметру должно быть 20—25.

Напряженность поля

Для поверхностной волны напряженность поля E можно приближенно подсчитать по формуле

$$E = \frac{9\,500\sqrt{P}}{d} A,$$

где E — *мкв/м*;

P — мощность передатчика, *вт*;

d — расстояние между передатчиком и приемником, *км*.

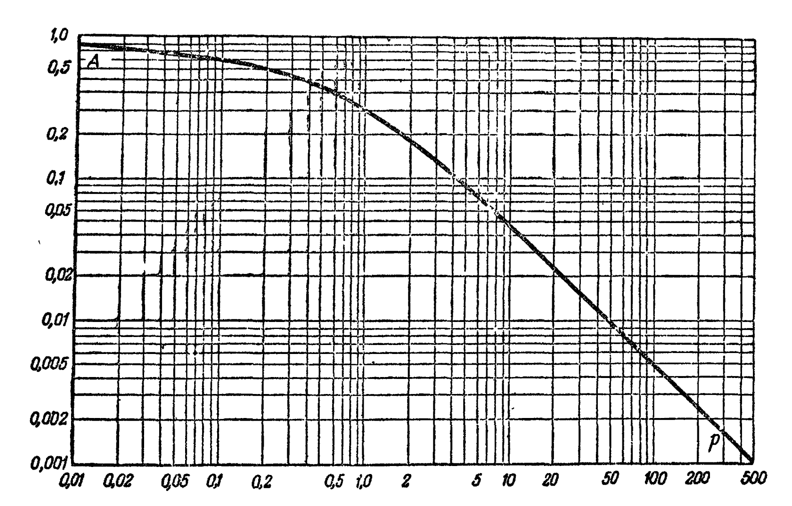


График зависимости коэффициента A от вспомогательного коэффициента p.

Коэффициент A учитывает поглощение энергии почвой и определяется по графику в зависимости от вспомогательного коэффициента p.

Для длинных волн (свыше 200 *м*)

$$p = \frac{d}{1,9 \cdot 10^9 \sigma \lambda^2},$$

где d — расстояние, *км*;

σ — проводимость почвы в электромагнитных единицах (для сухой и горной местности $\sigma = 1 \cdot 10^{-14}$, для низменности $\sigma = 3 \cdot 10^{-14}$, для моря $\sigma = 5 \cdot 10^{-14}$);

λ — рабочая волна, *м*.

Для коротких волн

$$p = \frac{3\,140\,d}{(\varepsilon + 1)\lambda},$$

где ε — диэлектрическая проницаемость почвы (для суши $\varepsilon = 5 \div 30$, для моря $\varepsilon = 80$).

ГЛАВА ПЯТАЯ

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ

5-1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫМ ПРИЕМНИКАМ

Приемники без диапазона УКВ

Требования к качественным показателям радиовещательных приемников без УКВ диапазона приведены на стр. 98—100.

В зависимости от электрических и акустических показателей приемники делятся на четыре класса. Приемники с наиболее высокими показателями относятся к первому классу, а наиболее простые приемники входят в четвертый класс. При этом приемники с питанием от осветительной сети могут выпускаться во всех четырех классах, а приемники с экономичным батарейным питанием выпускаются лишь в соответствии с требованиями 2—4-го классов. Некоторые показатели батарейных приемников отличаются от норм, установленных для сетевых приемников того же класса. Так, значение выходной мощности для батарейных приемников установлено значительно более низким, чем для сетевых, что обусловлено соображениями экономичности питания. Вместе с тем меньший нагрев ламп и деталей батарейных приемников позволяет установить для них более жесткие нормы на стабильность частоты.

Приемники с диапазоном УКВ

В новые радиовещательные приемники вводится дополнительный УКВ диапазон, предназначенный для приема ультракоротковолновых радиовещательных станций, работающих с частотной модуляцией. Требования к параметрам таких приемников приведены на стр. 101 и 102.

5-2. ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

1. **Номинальная выходная мощность** — максимальная мощность, которая может быть получена на выходе приемника при заданной величине нелинейных искажений. Определяется в вольтамперах по формуле

$$P=\frac{U^2}{Z},$$

где U — выходное напряжение, *в*; Z — полное сопротивление громкоговорителя, *ом*; измеряется на частоте 400 *гц*.

2. **Номинальное выходное напряжение**—эффективное звуковое напряжение на громкоговорителе, соответствующее номинальной выходной мощности.

3. **Нормальная выходная мощность**—0,1 от номинальной выходной мощности (предполагается принять за нормальную, мощность 50 *мвт*).

4. **Нормальное выходное напряжение**—напряжение на громкоговорителе, соответствующее нормальной выходной мощности. Вычисляется по формуле

$$U_{норм}=\sqrt{P_{норм}Z}.$$

Требования к приемникам без УКВ диапазона

Параметр	Класс приемника: Сетевые 1	Сетевые 2	Сетевые 3	Сетевые 4	Батарейные 2	Батарейные 3	Батарейные 4
Способ питания	От сети переменного тока 127/220 *в* (допускается универсальное питание от сети переменного и постоянного тока)				От батарей или любого автономного источника		
Потребляемая мощность не более, вт	*Не нормирована*				1,9	1,3	0,8
Коэффициент гармоник, измеряемый по звуковому давлению, не более, %							
на частоте 50 *гц*	15	—	—	—	—	—	—
на частоте 80 *гц*	—	15	—	—	—	—	—
на частотах до 100 *гц*	12	—	—	—	—	—	—
на частотах 100–200 *гц*	7	10	—	—	10	—	—
на частотах 200–400 *гц*	7	7	12	—	7	12	—
на частотах свыше 400 *гц*	5	7	10	•	7	10	•
Номинальная выходная мощность при указанном выше коэффициенте гармоник не менее *вт*	4	1,5	0,5	•	0,15	—	•
Среднее звуковое давление при указанной номинальной мощности в оговоренной ниже полосе частот и при выполнении норм потребляемой мощности питания установленны для батарейных приемников, на расстоянии 1 *м* от приемника не менее *бар*	20	10	4,5	3,5	3	3	2,5
То же при сниженной мощности питания	—	—	—	—	—	—	1,5
Диапазон принимаемых частот	•						
150–415 *кгц*		+	+	+	+	+	+
520–1600 *кгц*		+	+	+	+	+	+
3,95–12,1 *Мгц*		+	Не обязателен	—	+	Не обязателен	—
Растянутые или полурастянутые (49, 41, 31 и 25 *м*)		+	—	—	+	—	—
Только несколько фиксированных настроек на длинных и средних волнах				Допускаются			Допускаются

7*

Продолжение

Параметр	Класс приемника						
	Сетевые				Батарейные		
	1	2	3	4	2	3	4
Промежуточная частота							
465±2' *кгц*	+	+	+	+	+	+	+
110—115 *кгц*	—	—	Допускается		—	Допускается	
Чувствительность при 30% модуляции, номинальной выходной мощности и превышении сигнала над уровнем собственных шумов и фона не менее чем на 20 *дб* не ниже, *мкв*:							
на длинных и средних волнах	50	200	300	*	200	400	*
на коротких волнах	50	300	500	—	300	400	—
на фиксированных настройках	200	—	—	—	—	—	—
Чувствительность с гнезд звукоснимателя (при номинальной выходной мощности) не менее, *в*	0,2	0,25	0,25	—	0,25	—	—
Ослабление приема при расстройке на ±10 *кгц* (в случае переменной полосы пропускания указанные цифры соответствуют узкой полосе) не менее, *дб*	46	26	20	—	26	20	—
Ослабление приема по зеркальному каналу не менее, *дб*:							
на длинных волнах	60	36	26	*	36	26	*
на средних волнах	50	30	20	*	30	20	*
на коротких волнах	25	12	—	—	12	—	—
Ослабление приема сигнала с частотой, равной промежуточной, не менее, *дб*	40	34	20	*	34	20	—
Частотная характеристика всего тракта приемника по звуковому давлению должна обеспечивать пропускание полосы частот при неравномерности не более 18 *дб* на длинных волнах и не более 14 *дб* на остальных поддиапазонах не уже, *гц*	50—6 500	100—4 000	150—3 500	200—3 000	100—4 000	150—3 500	200—3 000
Уход частоты гетеродина от самопрогрева за 15 *мин* после 5-минутного прогрева не более, *кгц*:							
на частотах выше 15 *Мгц*	4	—	—	—	—	—	—
на частотах 9—15 *Мгц*	3	6	12	—	3	—	—
на частотах 6—9 *Мгц*	2	4	8	—	2	—	—

Продолжение

Параметр	Класс приемника						
	Сетевые				Батарейные		
	1	2	3	4	2	3	4
Действие АРУ:							
изменение напряжения на входе не менее, *дб*	60	26	26	—	26	26	—
при изменении напряжения на выходе не более, *дб*	12	8	10	—	8	10	—
Изменение громкости под действием ручного регулятора не менее, *дб*	50	40	40	—	40	40	—
Уровень фона при установке регулятора громкости на максимум не более (от номинальной мощности), *дб*	—46	—36	—26	—	—	—	—
Регулировка тембра:							
изменение уровня низших частот, *дб*	+4—6	—	—	—	—	—	—
изменение уровня высших частот, *дб*	±6	—6	—	—	—6	—	—
Индикатор включения	Обязателен, электрический				Обязателен, механический		
Индикатор настройки	Обязателен		—	—	—	—	—
Переменная полоса пропускания	Обязательна	Не обязательна	—	—	Не обязательна	—	—
Возможность включения внешнего громкоговорителя	Обязательна		—	—	Не обязательна	—	—
Возможность включения громкоговорителя приемника в трансляционную сеть	—	—	—	—	Обязательна		
Число ламп не более	Не ограничено	7	5	4	7	5	4

Обозначения:

— означает, что соответствующий параметр не нормирован или соответствующий поддиапазон или устройство в приемник не вводятся.

* означает, что соответствующий параметр оговаривается техническими условиями на тот или иной конкретный приемник.

+ означает наличие соответствующего диапазона или соответствующей промежуточной частоты.

Требования к приемникам с УКВ ЧМ диапазоном

Параметр	Класс приемника		
	1	2	3
Диапазон принимаемых частот:			
ДВ, *кгц*	150—415	150—415	150—415
СВ *кгц*	520—1 600	520—1 600	520—1 600
КВ *Мгц*	3,95—12,1	3,95—12 1	3,95—12,1
УКВ, *Мгц*	64,5—73,0	64,5—73,0	64,5—73,0
Промежуточная частота			
для диапазонов ДВ СВ и КВ *кгц*	465±4	465±4	465±4
для диапазонов УКВ, *Мгц*	8,4±0,1	8,4±0,1	8,4±0,1
Чувствительность при нормальной выходной мощности и отношении полезного сигнала к напряжению шумов (измеренному при снятой модуляции) не менее 20 *дб*			
с наружной антенной			
ДВ СВ и КВ *мкв*	50	200	300
УКВ *мкв*	10	20	20
с внутренней магнитной антенной ДВ и СВ *мв*	5	10	—
Ослабление приема при расстройке			
на ± 10 *кгц* в диапазонах ДВ, СВ и КВ *дб*	56	30	26
на ± 200 *кгц* в диапазоне УКВ, *дб*	34	26	26
Ослабление зеркального канала в диапазонах			
ДВ, *дб*	56	36	26
СВ *дб*	46	26	20
КВ *дб*	26	14	—
УКВ, *дб*	26	20	20
Ослабление паразитной амплитудной модуляции в диапазоне УКВ, *дб*	20	10	10
Ослабление приема частот, равных промежуточным, *дб*	40	34	20

Продолжение

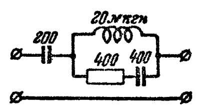
Параметр	Класс приемника		
	1	2	3
Действие АРУ			
изменение напряжения на входе *дб*	60	26	26
соответствующее изменение напряжения на выходе, *дб*	10	12	12
Номинальная выходная мощность, *ва*	6,0	2,0	0,5
Чувствительность с гнезд звукоснимателя, *в*	0,2	0,25	0,25
Частотная характеристика всего тракта (кривая верности) по звуковому давлению			
при неравномерности 14 *дб* в диапазонах ДВ, СВ и КВ и 18 *дб* на частотах ниже 250 *гц*, *гц*	60—6 500	80—4 000	150—3 500
при неравномерности 14 *дб* в диапазоне УКВ, *гц*	60—12 000	80—10 000	100—5 000
Среднее звуковое давление при номинальной выходной мощности, *бар*	25	10	5
Коэффициент нелинейных искажений всего тракта по звуковому давлению при номинальной выходной мощности в диапазонах ДВ, СВ и КВ при глубине модуляции $m = 0,6$ и в диапазоне УКВ при девиации частот ± 50 *кгц*			
на частотах 200—400 *гц*, %	7	7	12
на частотах выше 400 *гц*, %	5	7	10
Ручная регулировка громкости, *дб*	60	50	40
Регулировка тембра плавная и раздельная			
на нижних частотах *дб*	15	12	—
на верхних частотах *дб*	15	12	—
Уровень фона, *дб*	—46	—36	—32
Неравномерность частотной характеристики направленности в пределах угла ±90°, *дб*	15	20	—

5. Чувствительность с гнезд звукоснимателя—величина звукового напряжения на гнездах звукоснимателя, при которой выходная мощность приемника равняется номинальной (при установке регулятора громкости на максимум, а регуляторов тембра — в положение наиболее широкой полосы пропускания).

Способ измерения. На гнезда звукоснимателя от звукового генератора подается напряжение с частотой 400 *гц*. Напряжение на громкоговорителе измеряется вольтметром звуковых частот. Регулятор громкости устанавливается на максимум Подбирается такая величина напряжения на гнездах звукоснимателя, при которой напряжение на громкоговорителе равняется номинальному. Это напряжение на гнездах звукоснимателя и определяет величину чувствительности

6. Чувствительность с антенного входа — величина несущей э. д. с. в цепи эквивалента антенны, которая при АМ с коэффициентом $m = 0{,}3$ и частотой 400 *гц* или ЧМ с девиацией частоты ± 15 *кгц* и частотой модуляции 1 000 *гц* вызывает на выходе приемника напряжение, равное нормальному, при превышении сигнала над шумом не хуже заданного (обычно 20 *дб*).

Способ измерения. АМ тракт. Генератор стандартных сигналов соединяется с входом приемника через эквивалент антенны. Параллельно громкоговорителю присоединяется измеритель выходного напряжения. Регуляторы тембра и полосы пропускания устанавливаются в положение, соответствующее наиболее узкой полосе пропускания.



Эквивалент антенны.

По шкале сигнал генератора устанавливается частота, на которой производится измерение. При включенной внутренней модуляции сигнал-генератора приемник настраивается на эту частоту по измерителю выходного напряжения или индикатору настройки.

Выключив модуляцию сигнал-генератора, устанавливают ручной регулятор громкости так, чтобы на выходе приемника напряжение шумов было в заданное число раз слабее нормального выходного напряжения (обычно на 20 *дб*, т. е. в 10 раз). Затем включают внутреннюю модуляцию сигнал генератора (частота 400 *гц*) и устанавливают коэффициент модуляции $m = 0{,}3$ Подбирают такую величину сигнала в цепи эквивалента антенны, при которой напряжение на выходе приемника равняется нормальному. Величину чувствительности прочитывают по шкале сигнал-генератора.

Такие измерения чувствительности производятся в трех точках каждого поддиапазона, причем крайние точки должны отстоять от концов поддиапазона на 10 — 20% ширины поддиапазона

ЧМ тракт. Чувствительность измеряется тем же методом, но вместо эквивалента антенны подключается активное сопротивление, величина которого вместе с выходным сопротивлением ЧМ сигнал-генератора должна быть равна сопротивлению УКВ антенны

Чувствительность приемника при работе с внутренней магнитной антенной измеряется при помощи квадратной рамки из медного или латунного прутка диаметром 4 *мм* со сторонами 380 *мм* которая соединяется с выходом АМ сигнал генератора через сопротивление 80 *ом*. Плоскость рамки располагается перпендикулярно оси стер

жня магнитной антенны, а расстояние между рамкой и серединой стержня должно быть 1 *м*.

7. Ослабление приема по соседнему каналу (избирательность) —величина, показывающая, во сколько раз ухудшается чувствительность приемника при расстройке на $\pm$ 10 *кгц* в АМ тракте или 250 *кгц* в ЧМ тракте. Измерения производят на частотах 250 и 1 000 *кгц* в АМ тракте и 70 *Мгц* в ЧМ тракте.

Способ измерения. Сначала, как изложено выше, измеряется чувствительность приемника при точной настройке на частоту сигнал-генератора. Затем, не меняя настройки приемника и установки регуляторов громкости и тембра, изменяют частоту сигнал-генератора на 10 *кгц* и вновь подбирают такую величину сигнала в цепи эквивалента антенны, при которой выходное напряжение равняется нормальному, т. е. измеряют чувствительность при расстройке. Отношение чувствительности при расстройке к резонансной чувствительности, выраженное в децибелах, дает величину ослабления приема по соседнему каналу.

8. Полоса пропускания высокочастотной части приемника— интервал частот, на границах которого чувствительность ухудшается в 2 раза по сравнению с резонансной.

Способ измерения. Сначала, как изложено выше, измеряют чувствительность приемника при настройке в резонанс на частоту сигнал-генератора. Затем, не меняя настройки приемника и установки регулятора громкости и регулятора тембра, увеличивают выходное напряжение сигнал-генератора в 2 раза. После этого изменяют частоту сигнал-генератора в обе стороны от резонансной до тех пор, пока измеритель выходного напряжения не покажет опять нормальное выходное напряжение. Разность частот расстройки равняется полосе пропускания.

9. Ослабление приема по зеркальному каналу приема — величина, показывающая, во сколько раз чувствительность приемника по зеркальному каналу хуже резонансной чувствительности.

Способ измерения. Измерения проводятся так же, как при определении ослабления приема по соседнему каналу, но расстройка должна быть равна не 10 *кгц*, а удвоенной номинальной промежуточной частоте, причем расстройку следует производить в сторону повышения частоты, если частота гетеродина выше частоты сигнала, и наоборот.

10. Ослабление приема на частоте, равной промежуточной, — величина, показывающая, во сколько раз чувствительность приемника по отношению к колебаниям промежуточной частоты (в цепи антенны) хуже чувствительности по отношению к тому сигналу, на частоту которого настроен приемник.

Способ измерения. Как было указано выше, измеряют чувствительность приемника при точной настройке на частоту сигнала. Затем, не меняя настройки приемника и установки регуляторов громкости и тембра, сигнал-генератор настраивают на номинальную промежуточную частоту приемника и вновь измеряют чувствительность. Отношение измеренных таким образом чувствительностей, выраженное в децибелах, дает искомую величину ослабления.

Измерения следует производить при настройке приемника на те частоты, которые наиболее близки к промежуточной частоте. Для

промежуточной частоты 465 *кгц* такими частотами являются 415 и 520 *кгц*

11. Диапазон принимаемых частот — область частот, на которые приемник может быть настроен.

Способ измерения На вход приемника подается напряжение от гетеродинного волномера Параллельно громкоговорителю присоединяют измеритель звукового напряжения Указатель настройки приемника тавят на крайние точки шкалы, после чего волномер настраивают по максимуму напряжения на громкоговорителе Соответствующая граничная частота прочитывается по шкале волномера.

12. Точность градуировки шкалы — величина погрешности градуировки шкалы, отнесенная к соответствующей частоте сигнала.

Способ измерения. На вход приемника подается напряжение от гетеродинного волномера. Параллельно громкоговорителю присоединяется измеритель звукового напряжения Указатель настройки приемника устанавливается на оцифрованную точку шкалы Гетеродинный волномер настраивают по максимальному выходному напряжению приемника Разность частот, прочитанных на шкалах приемника и волномера, отнесенная к частоте сигнала, дает процентную погрешность градуировки

Измерения производятся не менее чем для двух точек каждого поддиапазона, причем крайние точки должны отстоять от концов шкалы на 10—20% ширины поддиапазона.

13. Уход частоты гетеродина от самопрогрева — изменение частоты гетеродина вследствие нагревания его деталей.

Способ измерения Гетеродинный волномер слабо связывают с гетеродином приемника Приемник настраивается на высшую частоту каждого поддиапазона Через 5 *мин* после включения приемника волномер настраивается на частоту гетеродина по нулевым биениям, и производится отсчет частоты по его шкале То же повторяется через 15 *мин* Разность двух измерений дает величину ухода частоты гетеродина

14. Частотная характеристика тракта звуковых частот — зависимость выходного напряжения от частоты при постоянной величине звукового напряжения, поданного на гнезда звукоснимателя.

Способ снятия На гнезда звукоснимателя подается напряжение от звукового генератора При частоте 400 *гц* устанавливают регулятор громкости так, чтобы выходная мощность приемника составляла 0,25 номинальной мощности, а регуляторы тембра — в положение наиболее широкой полосы пропускания Затем, изменяя частоту и поддерживая величину напряжения на гнездах звукоснимателя неизменной, снимают зависимость выходного напряжения от частоты. Построив кривую этой зависимости, определяют по ней неравномерность характеристики относительно точки кривой, соответствующей частоте 400 *гц*

15. Кривая верности воспроизведения приемника — зависимость выходного напряжения от частоты модуляции при постоянных величинах несущей частоты, э д. с. и глубины модуляции высокочастотного сигнала в цепи антенны.

Способ снятия Генератор стандартных сигналов через эквивалент антенны соединяется со входом приемника. Модуляция сигнала производится от отдельного звукового генератора. Параллельно гром-

коговорителю присоединяется измеритель звукового напряжения. При частоте модуляции 400 *гц* и коэффициенте модуляции $m = 0{,}3$ приемник точно настраивается на частоту сигнала по максимуму выходного напряжения и регулятором громкости устанавливают выходное напряжение, соответствующее 0,25 номинальной мощности. Регуляторы тембра и полосы пропускания устанавливают в положение наиболее широкой полосы пропускания Затем, изменяя частоту звукового генератора и поддерживая неизменным коэффициент модуляции $m = 0{,}3$ в АМ тракте или девиацию частоты $\pm$ 15 *кгц* в ЧМ тракте, снимают зависимость выходного напряжения от частоты модуляции.

16. Уровень фона приемника—отношение напряжения фона к номинальному выходному напряжению приемника

Способ измерения. Измеряется напряжение фона на звуковой катушке громкоговорителя (а при наличии атифонной катушки — на вторичной обмотке выходного трансформатора). Гнезда звукоснимателя при измерении должны быть замкнуты накоротко, а регуляторы громкости и тембра должны быть установлены в положение-наибольшего напряжения фона.

Измеренное напряжение фона, отнесенное к номинальному выходному напряжению и выраженное в децибелах, дает уровень фона приемника.

17. Ослабление паразитной амплитудной модуляции на УКВ ЧМ диапазоне — величина, показывающая, во сколько раз чувствительность приемника к АМ сигналам хуже чувствительности при приеме ЧМ сигналов.

Способ измерения. На вход приемника от ЧМ сигнал-генератора подается напряжение (равное номинальной чувствительности приемника), модулированное частотой 1 000 *гц* при девиации частоты $\pm$ 15 *кгц*. Приемник точно настраивают на эту частоту, и регулятором громкости устанавливают напряжение на громкоговорителе, равное нормальному. Затем на вход приемника подается такое же напряжение, но от АМ сигнал генератора с частотой модуляции 1 000 *гц* и $m = 0{,}3$, и вновь измеряют напряжение на громкоговорителе, расстраивая приемник на $\pm$ 50 *кгц* по отношению к резонансной частоте.

Отношение выходного напряжения при приеме ЧМ сигналов к максимальному выходному напряжению при приеме АМ сигналов, выраженное в децибелах, является показателем ослабления паразитной амплитудной модуляции.

18. Ручная регулировка громкости — предел изменения громкости.

Способ измерения. При регуляторе громкости, установленном в положение максимального усиления, на гнезда звукоснимателя от звукового генератора подается такое напряжение, при котором на громкоговорителе получается нормальное выходное напряжение. Затем переводят регулятор громкости в положение минимального усиления и вновь подбирают такое напряжение от генератора, при котором на громкоговорителе опять устанавливается нормальное выходное напряжение.

Отношение напряжений звукового генератора при максимальном и минимальном усилениях, выраженное в децибелах, оценивает предел регулирования громкости.

19. Пределы регулирования тембра — величина, показывающая, во сколько раз усиление или ослабление на данной частоте больше или меньше усиления на средней частоте звукового диапазона.

Способ измерения. На гнезда звукоснимателя от звукового генератора подается напряжение 0,25 *в* с частотой 1 000 *гц*. Регулятором громкости устанавливают напряжение на громкоговорителе, соответствующее 0,1 номинальной мощности, а регуляторы тембра переводят в положение наибольшего усиления верхних и нижних звуковых частот. Далее, изменяют частоту генератора до 100, а затем до 5 000 *гц* и отмечают напряжение на громкоговорителе на этих частотах. После этого переводят регуляторы тембра в положение наименьшего усиления и повторяют измерения.

Отношение напряжений, обусловленных переводом регуляторов тембра из одного крайнего положения в другое на частотах 100 и 5 000 *гц*, выраженное в децибелах, показывает пределы действия регуляторов тембра.

При изменении положений регуляторов тембра, но неизменном положении регулятора громкости и постоянном напряжении на гнездах звукоснимателя, напряжение на громкоговорителе при частоте 1 000 *гц* не должно изменяться более чем на ± 3 *дб*.

5-3. ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Генератор стандартных сигналов с амплитудной модуляцией должен перекрывать диапазон частот 100 — 25 000 *кгц* при точности градуировки частоты не хуже $\pm 1\%$. Электродвижущая сила сигнала должна изменяться в пределах 1 *мкв*—0,1 *в*. Выходное сопротивление должно быть не более 10 *ом* при э. д. с. менее 0,01 *в* и не более 50 *ом* при э. д. с. 0,01 — 0,1 *в*. Точность градуировки аттенюатора должна быть не хуже $\pm 20\%$. Глубина амплитудной модуляции m должна регулироваться в пределах 0 — 0,8; при $m = 0{,}5$ точность установки должна быть не хуже 5%. Частота внутренней модуляции равна 400 *гц* $\pm 5\%$. Модуляция от внешнего звукового генератора должна быть возможна в полосе частот 50 — 10 000 *гц*.

Генератор стандартных сигналов с частотной модуляцией должен перекрывать диапазон частот 16 — 128 *Мгц* при точности градуировки частоты не хуже $\pm 1\%$. Электродвижущая сила сигнала должна изменяться в пределах 0,5 *мкв* — 0,1 *в*. Выходное сопротивление 75 *ом*. В генераторе должны быть предусмотрены частотная модуляция, амплитудная модуляция и непрерывная генерация. Девиация частоты при частотной модуляции от внутреннего модулятора с частотой 400 или 1 000 *гц* должна плавно регулироваться от 0 до 75 *кгц* при точности установки $\pm 5\%$. Амплитудная модуляция с частотой 400 или 1 000 *гц* должна плавно изменяться от 0 до 0,8 при точности установки не хуже $\pm 5\%$. Модуляция от внешнего источника напряжения должна быть возможна в полосе частот 50 — 15 000 *гц*.

Измеритель выходного напряжения должен иметь рабочую полосу частот не менее 50 — 15 000 *гц* при точности измерения в этой полосе не хуже $\pm 5\%$.

Гетеродинный волномер должен перекрывать диапазон частот 100 — 25 000 *кгц* с точностью не хуже 0,1% Стабильность частоты после предварительного прогрева должна быть не хуже 0,005%. Вол-

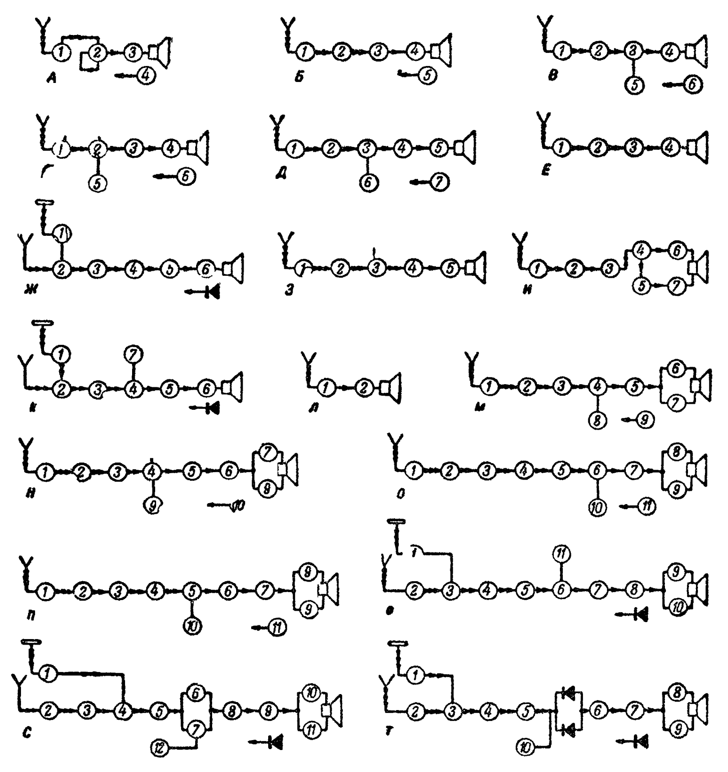
номер должен иметь внутренний модулятор, создающий модуляцию с коэффициентом $m = 0,3$.

Звуковой генератор должен иметь диапазон частот не менее 50 — 15 000 *гц*. В пределах этого диапазона неравномерность выходного напряжения должна быть не более ± 2 *дб* при коэффициенте нелинейных искажений не более 0,1%. Регулятор должен изменять выходное напряжение в пределах 0,01 — 150 *в*.

Ламповый вольтметр должен иметь входное активное сопротивление не менее 5 *Мом*, входную емкость не более 10 *пф* и точность градуировки не хуже $\pm 3\%$.

Измеритель нелинейных искажений должен реагировать на гармоники с амплитудой, равной 1% амплитуды основного тона в пределах полосы частоты 40 — 10 000 *гц*.

5-4. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЕ ПРИЕМНИКИ



Скелетные схемы радиовещательных приемников. В кружках указаны номера ламп. Линии с одной стрелкой означают низкочастотные цепи, с двумя стрелками—цепи промежуточной частоты и с тремя стрелками—высокочастотные цепи.

Сетевые приемники и радиолы

Название	Схема (стр. 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц/Мгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Регулировка тембра	Выходная мощность, *ва*	Потребляемая мощность, *вт*
„Аврора"[1,2]	Г	1—6А7, 2—6Г8С, 3—6Н9С, 4—6П3С, 5—6Е5С, 6—5Ц4С	2 000—723 577—187 75,9—40 33,3—24,8	150 250	30	465	100—5 000	1	Плавная и раздельная	2	75/85
АРЗ 54	А	1—6А7, 2—6[illegible]8С, 3—6П6С, 4—6Ц5С	2 000—723 577—187	500	15	110	200—3 000	1	—	0,5	40
„Байкал"[2,3]	Ж	1—6Н3П, 2—6И1П, 3—6К4П, 4—6Х2П, 5—6Н2П, 6—6П14П	2 000—723 577—188 75,9—40 36,3—24,8 4,66—4,11	200 20	30 26	465/8,4	100—7 000	2	Плавная и раздельная	2	55/70
„Баку"	В	1—6А7, 2—6[illegible]3, 3—6[illegible]2, 4—6П[illegible]С, 5—6[illegible]5С, 6—5Ц4С	2 000—706 588—184 75,9—37,5 33,3—21,2	200 300	26	465	100—4 000	1	Ступенчатая верхних частот	1,5	70
„Балтика"	В	1—6А7, 2—6[illegible]3, 3—6Г2, 4—6П6С, 5—6Е5С, 6—5Ц4С	2 000—732 577—187 76,0—[illegible]2,3 33,3—21,8	200 300	26	465	100—4 000	1	Ступенчатая	2	70

Продолжение

Название	Схема (стр. 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц/Мгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Регулировка тембра	Выходная мощность, *ва*	Потребляемая мощность, *вт*
„Балтика-52" „Балтика-М254"	Д	1—6А7, 2—6К3, 3—6Х6С, 4—6Ж8, 5—6П3С, 6—6Е5С, 7—5Ц4С	2 000—723 577—187 76,0—32,6 33,3—24,8	200 300	26	465	100—4 000	1	Ступенчатая	1,5	75
„Беларусь-57"[2,4,5,6]	Т	1—6Н3П, 2—6К[illegible]П, 3—6А2П, 4—6[illegible]П, 5—6Ж[illegible]П, 6—6Н[illegible]П, 7—6Н[illegible]П, 8—[illegible]П[illegible]П, 9—6П1П, 10—6Е5С	2 000—723 577—187 76,0—54,0 54,0—39,0 34,1—24,8 4,65—4,11	50 20	40 26	465/8,4	80—10 000	5	Плавная и раздельная	3	80
„Восток-57"[2,5]	К	1—6Н3П, 2—6И1П, 3—6К4П, 4—6Х2П, 5—6Н2П, 6—6П14П, 7—6Е5С	2 000—723 577—188 7[illegible],9—40,0 3[illegible],3—24,8 4,66—4,11	200 20	30 26	465/8,4	80—10 000	2	Плавная и раздельная	2	55/75
„ВЭФ Аккорд"[3]	Д	1—6А7, 2—6К3, 3—6Х6С, 4—6Ж8, 5—6П6С, 6—6Е5С, 7—5Ц4С	2 000—723 577—188 76,0—32,6 33,3—24,8	200 300	26	465	100—5 000	2	Ступенчатая	1,5	65/80
„Даугава"[2,3]	Г	1—6А7, 2—6Б8С, 3—6Н9С, 4—6П3С, 5—6Е5С, 6—5Ц4С	2 000—723 577—187,5 76,0—40,0 31,7—24,7	150 250	34	465	100—5 000	1	Плавная и раздельная	2	75/85

Продолжение

Название	Схема (стр. 101)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц/Мгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Регулировка тембра	Выходная мощность, *ва*	Потребляемая мощность, *вт*
„Днепропетровск"	Г	1—6А7, 2—6Б8С, 3—6Ж8, 4—6П3С, 5—6Е5С, 6—5Ц4С	2 000—723 577—188 76,0—30,5 34,9—24,8	150	26	465	100—4 000	2	Плавная верхних частот	1,5	70
„Донец"[2,5]	К	1—6Н3П, 2—6И1П, 3—6К4П, 4—6Х2П, 5—6Н2П, 6—6П14П, 6Е5С	2 000—723 577—188 75,9—40,0 35,2—24,8 4,66—4,11	200 20	30 26	465/8,4	100—7 000	2	Плавная и раздельная	2	50
„Дружба"[1,2,4,5,6]	Р	1—6Н3П, 2—6К4П, 3—6И1П, 4—6К4П, 5—6К4П, 6—6Х2П, 7—6Н2П, 8—6Н2П, 9—6П14П, 10—6П14П, 11—6Е5С	2 000—723 577—187,5 75,9—54,5 57,7—40,0 31,9—23,0 4,65—4,11	50 10	56 30	465/8,4	60—12 000	4	Плавная и раздельная	6	85/100
„Звезда-54"	Д	1—6А7, 2—6Ж3П, 3—6Х2П, 4—6Ж3П, 5—6П1П, 6—6Е5С, 7—6Ц4П	2 000—723 577—183,7 76,0—24,8 49—41 31,6—24,8	200 300	26	465	100—4 000	2	Ступенчатая	1,5	60
„Иртыш"[1,2]	Г	1—6А7, 2—6Б8С, 3—6Н9С, 4—6П3С, 5—6Е5С, 6—5Ц4С	2 000—723 577—187 75,9—40,0 33,3—24,8	150 250	30	465	100—5 000	1	Плавная и раздельная	2	75/85

Продолжение

Название	Схема (стр. 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц/Мгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Регулировка тембра	Выходная мощность, *ва*	Потребляемая мощность, *вт*
„Исеть"[1,2]	Г	1—6А7, 2—6Б8С, 3—6Н9С, 4—6П3С, 5—6Е5С, 6—5Ц4С	2 000—723, 577—187 } 75,9—40,0, 33,3—24,8 }	150 / 250	30	465	100—5 000	1	Плавная и раздельная	2	75/85
„Люкс"[1,2,4,5,6]	Р	1—6Н3П, 2—6К4П, 3—6И1П, 4—6К4П, 5—6К4П, 6—6Х2П, 7—6Н2П, 8—6Н2П, 9—6П14П, 10—6П14П, 11-6Е5С	2 000—723, 577—187,5, 75,9—54,5, 57,7—40,0, 31,9—23,0 } 4,66—4,11	50 / 10	56 / 34	465/8,4	60—12 000	4	Плавная и раздельная	6	85/100
„Маяк"[2,5]	К	1—6Н3П, 2—6И1П, 3—6К П, 4—6Х2П, 5—6Н2П, 6—6П14П, 7—6Е5С	2 000—723, 577—188, 75,9—38,6, 36,6—24,8 } 4,66—4,11	200 / 20	30 / 26	465/8,4	100—7 000	2	Плавная и раздельная	2	55
„Минск-55"[3]	О	1—6К3, 2—6А7, 3—6К3, 4—6Б8С, 5—6К3, 6—6Г2, 7—6Н9С, 8—6П6С, 9—6П6С, 10—6Е5С, 11—5Ц4С	2 000—723, 577—187,5, 76,0—48,0, 47,5—30), 33,0—30,6, 26,1—24,8	50	56	465	60—6 500	2	Ступенчатая и раздельная	4	120/135

Продолжение

Название	Схема (стр. 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц/Мгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Регулировка тембра	Выходная мощность, *ва*	Потребляемая мощность, *вт*
„Минск Р7-55"[1]	Д	1—6А7, 2—6К3, 3—6Х6С, 4—6Ж8, 5—6П6С, 6—6Е5С, 7—5Ц4С	2 000—723 577—187 } 76,0—33,7 31,9—30,4 25,8—24,8 }	100 150	26	465	80—5 000	1	Ступенчатая	1,5	60/80
„Мир М-154"[3]	П	1—6К3, 2—6А7, 3—6К3, 4—6К3, 5—6Х6С, 6—6Н8С, 7—6Н8С, 8—6П6С, 9—6П6С, 10—6Е5С, 11—5Ц3С	2 000—723 577—187 75,0—50,0 50,2—38,5 32,0—24,8	50	60	465	60—6 500	2	Ступенчатая и раздельная	4	120/130
„Москвич"	А	1—6А7, 2—6Б8С, 3—6П6С, 4—6Ц5С	2 000—723 577—187	500	15	465	200—3 000	1	—	0,5	40
„Муромец"[2,3,5]	Ж	1—6Н3П, 2—6И1П, 3—6К4П, 4—6Х2П, 5—6Н2П, 6—6П14П	2 000—723 577—188 75,9—38,5 36,3—21,8 4,66—4,11	200 20	30 26	465/8,4	100—7 000	2	Плавная и раздельная	2	55/70
„Обь"[2,3,5]	Ж	1—6Н3П, 2—6И1П, 3—6К4П, 4—6Х2П, 5—6Н2П, 6—6П14П	2 000—723 577—188 75,9—40,0 36,3—24,8 } 4,66—4,11	200 20	30 26	465/8,4	100—7 000	2	Плавная и раздельная	2	55/70

Продолжение

Название	Схема (стр. 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц/Мгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Регулировка тембра	Выходная мощность, *ва*	Потребляемая мощность, *вт*
„Огонек"	Б	1—6А7, 2—6Б8С, 3—6Ж8, 4—6П6С, 5—6Ц5С	2 000—723 577—188	300	20	465	150—3 500	1	—	0,5	40
„Ого ек"[1]	Г	1—6А7, 2—6Б8С, 3—6Н9С, 4—6П6С, 5—6Е5С, 6—6Ц5С	2 000—723 577—187,5	300	20	465	100—4 000	2	Плавная и раздельная	1	50/65
„Ока"[3]	Д	1—6А7, 2—6К3, 3—6Х6С, 4—6Ж8, 5—6П6С, 6—6Е5С, 7—5Ц4С	2 000—723 577—187,3 } 200 76,0—32,6 33,3—24,8 } 300	200 300	26	465	100—5 000	2	Ступенчатая	1,5	65/80
„Октава"[1,2,4,5,6]	К	1—6Н3П, 2—6И1П, 3—6К4П, 4—6Х2П, 5—6Н2П, 6—6П14П, 7—6Е5С	2 000—723 577—188 75,9—40,0 36,3—24,8 } 4,66—4,11	200 20	26 20	465/8,4	80—10 000	4	Плавная и раздельная	2	60/75
„Октябрь"	М	1—6К3, 2—6А7, 3—6К3, 4—6Б8С, 5—6Н9С, 6—6П6С, 7—6П6С, 8—6Е5С, 9—5Ц4С	2 000—723 578—187 75,0—47,6 42,8—40,6 32,6—30,0 26,0—24,8	50	46	465	60—6 500	2	Плавная и раздельная	4	100
„Рекорд-53М"[3]	Б	1—6А7, 2—6К3, 3—6Г2, 4—6П6С, 5—6Ц5С	2 000—723 577—187,5 } 300 75,9—24,8 500	300 500	20	465	150—3 500	1	—	0,5	40/55

8*

Продолжение

Название	Схема (стр. 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц/Мгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Регулировка тембра	Выходная мощность, *ва*	Потребляемая мощность, *вт*
„Рига-6"	Г	1—6А7, 2—6Б8С, 3—6Ж8, 4—6П6С, 5—6Е6С, 6—5Ц4С	2 000—723 577—187,5 75,9—40,5 31,7—24,7	200 300	26	464	100—4 000	1	Ступенчатая	1,5	55
„Рига-10"	Н	1—6К3, 2—6А7, 3—6К3, 4—6Б8С, 5—6Ж8, 6—6Н9С, 7—6П6С, 8—6П6С, 9—6Е5С, 10—5Ц4С	2 000—723 577—187,5 75,9—52,2 50,0—40,5 31,7—24,8	50	46	464	60—6 500	1	Плавная и раздельная	4	85
„Урал-53"[1]	В	1—6А7, 1—6К3, 3—6Г2, 4—6П3С, 5—6Е5С, 6—5Ц4С	2 000—723 577—188 75,0—40,0 31,0—24,9	200 300	26	465	100—4 000	1	Плавная верхних частот	1,5	80/110
„Харьков"[2,5]	Ж	1—6Н3П, 2- 6И1П, 3—6К4П, 4—6Х2П, 5—6Н2П, 6—6П14П	2 000—723 577—188 75,9—40,0 36,3—24,8 4,66—4,11	200 20	30 26	465/8,4	100—7 000	2	Плавная и раздельная	2	55
„Чайка"[1]	В	1—6А7, 2—6К3, 3—6Г2, 4—6П3С, 5—6Е5С, 6—5Ц4С	2 000—723 577—187 76,0—40,0 31,0—25,0	200 300	26	465	100—4 000	1	Плавная верхних частот	1,5	75/90

Продолжение

Название	Схема (стр. 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц/Мгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Регулировка тембра	Выходная мощность, *ва*	Потребляемая мощность, *вт*
„Эстония-55“[2,3]	С	1—6Н3П, 2—6К4П 3—6А2П, 4—6К4П 5—6К4П, 6—6Х2П 7—6Х2П 8—6Ж3П 9—6Н2П, 10—6П1П, 11—6П1П, 12—6Е5С	2 000—723 577—187,3 75,9—36,6 38,44—24,8 4,55—4,11	50 50	46 20	465/8,4	60—10 000	2	Плавная и раздельная	4	120/140

Батарейные приемники

Название	Схема (стр. 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность, *мкв*	Избирательность, *дб*	Промежуточная частота, *кгц*	Полоса воспроизводимых частот, *гц*	Количество громкоговорителей	Выходная мощность, *ва*	Питание	
										анодное, *в/ма*	накальное, *в/а*
„Искра“	Е	1—1А1П, 2—1К1П, 3—1Б1П, 4—2П1П	2 000—723 576—188	400	20	110	200—3 000	1	0,15	90/12,0	1,2/0,3
„Киев Б2“	Л	1—1К1П, 2—2П1П	2 000—725 576—188	4 000	15	—	200—3 000	1	0,07	80/5,0	1,2/0,18
„Луч“[7]	Л	1—1Б1П, 2—2П1П	2 000—730 578—200	40 000	—	—	200—3 000	1	0,04	60/4,0	3,0/0,06

Продолжение

Название	Схема (стр 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность *мкв*	Избирательность *дб*	Промежуточная частота *кгц*	Полоса воспроизводимых частот *гц*	Количество громкоговорителей	Выходная мощность *вт*	Питание: анодное, *в ма*	Питание: накальное, *в/а*
„Новь"	Г	1—1А1П, 2—1К1П 3—1Б1П 4—2П1П	2 000—723 577—183	500	15	465	200—3 000	1	0,10	60/8,5	1,2/0,3
„Родина 52"	И	1—1А1П 2—1К1П, 3—1К1П 4—1Б1П 5—1Б1П 6—2П1П 7—2П1П	2 000—723 577—188 76,0—36,0 36,0—24,8	200 300	26	465	100—4 000	1	0,15	90/15	1,2/0,52
„Тула"[7]	Л	1—1Б1П 2—2П1П	2 000—730 578—200	40 000	—	—	200—3 000	1	0,04	60/4	3,0/0,06

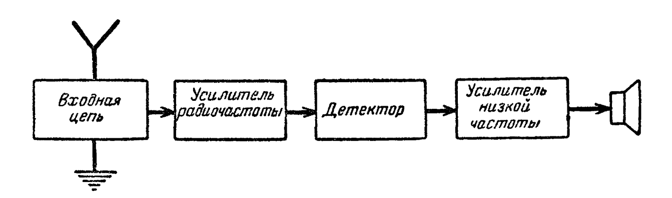
Переносные приемники

Название	Схема (стр 108)	Лампы	Диапазоны волн, *м*	Чувствительность *мкв*	Избирательность *дб*	Промежуточная частота *кгц*	Полоса воспроизводимых частот *гц*	Количество громкоговорителей	Выходная мощность *вт*	Питание: анодное, *в ма*	Питание: накальное, *в/а*
„Дорожный"[4,8]	Е	1—1А1П 2—1К1П 3—1Б1П 4—2П1П	2 000—723 577—188	500	16	465	200—3 000	1	0,1	60/8,5	4,8/0,06
„Турист"[2,4,9]	З	1—1К2П 2—1А2П 2—1К2П, 4—1Б2П, 5—2П2П	2 000—723 577—188	1 000	20	465	150—3 000	1	0,03	60/8	1,2/0,18

[1] Радиола
[2] С клавишным переключателем.
[3] Выпускается и как радиола
[4] С внутренней магнитной антенной.
[5] С внутренней УКВ антенной
[6] С акустической системой объемного звучания.
[7] Без переключателей диапазонов (плавное перекрытие).
[8] Имеет внутренний выпрямитель для питания от электросети.
[9] Имеет внешний выпрямитель для питания от электросети.

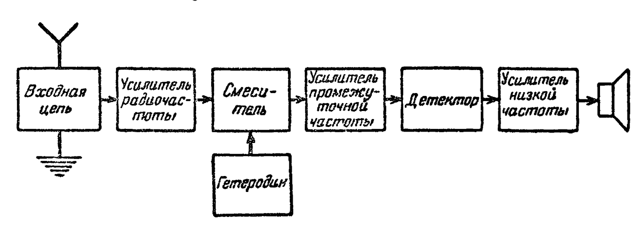
5-5. СКЕЛЕТНЫЕ СХЕМЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Схема приемника прямого усиления



В любительских конструкциях приемников прямого усиления усилители радиочастоты имеют один, реже — два каскада. С целью повышения усиления и избирательности детекторный каскад часто выполняют по регенеративной схеме (с обратной связью).

Схема супергетеродинного приемника



В любительских супергетеродинных приемниках усилитель радиочастоты либо отсутствует, либо имеет один каскад. Усилитель промежуточной частоты выполняется с одним, реже — двумя каскадами.

В простых конструкциях иногда применяют обратную связь в детекторном каскаде или в каскаде усиления промежуточной частоты.

При составлении скелетных схем надо учитывать следующее.

Чувствительность приемника в диапазонах длинных, средних и отчасти коротких волн ограничивается внешними (промышленными и атмосферными) помехами и ее нецелесообразно делать лучше 100 — 50 *мкв*. Полоса пропускания до детектора должна быть равна удвоенной высшей частоте модуляции $F_в$.

Общее усиление до детектора определяется перемножением коэффициентов усиления всех предшествующих каскадов, а также входной цепи. Это усиление должно быть таким, чтобы при действии в цепи антенны сигнала, величина которого соответствует чувствительности приемника, напряжение на входе детектора было не менее 0,1 — 0,3 *в*

(во избежание нелинейных искажений). Увеличение этого напряжения до 3—5 *в* улучшает действие системы автоматической регулировки усиления.

Усиление по низкой частоте должно быть таким, чтобы при тех же условиях и коэффициенте модуляции 100% выходная мощность приемника равнялась номинальной (расчет напряжения на выходе детектора см. на стр. 150).

Общая резонансная кривая приемника определяется путем перемножения взятых при одинаковых расстройках ординат резонансных кривых всех каскадов, предшествующих детектору (включая входную цепь). Отсюда следует, что ослабление приема по соседнему каналу (по сравнению с резонансной частотой) равно произведению тех ослаблений, которые дают все каскады приемника при расстройке на $\pm$ 10 *кгц*.

Ослабление приема по зеркальному каналу равно произведению ослаблений, создаваемых входной цепью и усилителем радиочастоты при расстройке на удвоенную промежуточную частоту.

Ослабление приема на частоте, равной промежуточной, равно произведению ослаблений, даваемых на этой частоте входной цепью и усилителем радиочастоты. Для увеличения ослабления в состав входной цепи вводят специальные фильтры промежуточной частоты (см. стр. 127)

Указанные ослабления перемножают, если они выражены в абсолютных значениях Если же ослабления выражены в децибелах, то их надо суммировать.

Общее снижение кривой верности приемника (вместе с громкоговорителем) на границе полосы пропускания (в децибелах) складывается из ослаблений, создаваемых радиочастотным трактом и трактом промежуточной частоты при расстройке, равной высшей частоте модуляции, детектором, усилителем низкой частоты и громкоговорителем Можно считать допустимым снижение усиления радиочастотного тракта на краях полосы пропускания на 4 *дб* в диапазоне частот ниже 250 *кгц* и на 2 *дб* на остальных частотах длинноволнового и средневолнового диапазонов, а в диапазонах коротких волн этим ослаблением можно пренебрегать. Также можно пренебрегать снижением кривой верности, создаваемым детектором. Остальное снижение усиления следует распределить между усилителем промежуточной частоты, усилителем низкой частоты и громкоговорителем, учитывая частотную характеристику последнего Следует иметь в виду, что целесообразно задаваться возможно большим снижением усиления на границах полосы пропускания в усилителе промежуточной частоты, так как это позволяет улучшить избирательность по отношению к соседним станциям, однако при этом требуется соответственно корректировать частотную характеристику усилителя низкой частоты, чтобы общая кривая верности приемника отвечала поставленным требованиям.

Для выполнения указанных требований добротность радиочастотных контуров (входной цепи и усилителя радиочастоты) должна быть не более определенной величины, которая зависит от диапазона частот и общего числа этих контуров в радиоприемнике.

Величина промежуточной частоты $f_{пр}$ установлена ГОСТ 5651-51 равной 465 ± 2 *кгц* для любых радиовещательных приемников и 110 — 115 *кгц* для приемников 3-го класса без коротковолнового диапазона и 4-го класса. Использование $f_{пр} = 110 \div 115$ *кгц* повышает устойчивое усиление, но ухудшает ослабление зеркального канала.

5-6. РАСЧЕТ РАДИОЧАСТОТНОГО КОНТУРА ДЛЯ ДИАПАЗОНОВ ДЛИННЫХ, СРЕДНИХ И КОРОТКИХ ВОЛН

Коэффициент перекрытия диапазона

$$k_п = \frac{f_{макс}}{f_{мин}},$$

где $f_{макс}$ и $f_{мин}$ — максимальная и минимальная частоты диапазона, *Мгц*.

К расчету контура для диапазонов длинных, средних и коротких волн.

Индуктивность контура (*мкгн*)

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4 (k_п^2 - 1)}{(C_{макс} - C_{мин}) f_{макс}^2},$$

где $C_{макс}$ и $C_{мин}$ — максимальная и минимальная емкости конденсатора настройки, *пф*.

Дополнительная емкость (*пф*)

$$C_д = \frac{C_{макс} - k_п^2 C_{мин}}{k_п^2 - 1}.$$

Распределенная емкость для контура входной цепи (*пф*)

$$C_р = C_к + C_м + C_{вх},$$

где $C_к$ — емкость катушки (3 — 25 *пф*);
$C_м$ — емкость монтажа (5 — 20 *пф*);
$C_{вх}$ — входная емкость лампы (см. таблицу на стр. 386—399).

Бóльшие цифры относятся к диапазонам более низких частот. Для контура усилителя радиочастоты надо добавить еще выходную емкость $C_{вых}$ предыдущей лампы (из таблиц).

Емкость подстроечного конденсатора (*пф*)

$$C_п = C_д - C_р.$$

Эта величина должна быть положительной и не менее 5 — 15 *пф*, чтобы иметь возможность при регулировке контура исправить вероятную ошибку в определении $C_р$.

Добротность контуров супергетеродинных приемников в диапазоне 150—415 *кгц* не должна превышать $Q = \frac{130}{F_в}$ (при одном кон-

туре) или $Q = \frac{75}{F_в}$ (при двух контурах), а в диапазоне 520—1 600 *кгц* не должна превышать $Q = \frac{210}{F_в}$ (при одном контуре) или $Q = \frac{130}{F_в}$ (при двух контурах), где $F_в$ — верхняя граничная частота полосы пропускания звуковых частот, *кгц*.

Так как при включении в схему добротность контура понижается, собственная добротность катушки может превышать указанные значения на 20—25%.

Контуры коротковолновых диапазонов супергетеродинных приемников, а также контуры любых диапазонов приемников прямого усиления должны иметь возможно более высокую добротность.

Пример расчета. *Дано* диапазон 150—415 *кгц* = 0,15—0,415 *Мгц*, емкость конденсатора настройки $C_{макс} = 500$ *пф* и $C_{мин} = 10$ *пф*.

Определяем:

$$k_п = \frac{0,415}{0,15} = 2,8; \quad L = \frac{2,53 \cdot 10^4 (2,8^2 - 1)}{(500 - 10)\, 0,415^2} = 2\,000 \text{ мкгн};$$

$$C_д = \frac{500 - 2,8^2 \cdot 10}{2,8^2 - 1} = 61,5 \text{ пф}.$$

Для контура входной цепи перед лампой 6К3

$$C_р = 25 + 10 + 6 = 41 \text{ пф}; \quad C_п = 61,5 - 41 = 20,5 \text{ пф}.$$

Для контура в анодной цепи лампы 6К3 перед преобразовательной лампой 6А7

$$C_р = 25 + 10 + 9 + 10 = 54 \text{ пф}; \quad C_п = 61,5 - 54 = 7,5 \text{ пф}.$$

Добротность при двух радиочастотных контурах и $F_в = 6,5$ *кгц*

$$Q \leqslant \frac{75}{6,5} = 12.$$

Радиочастотные контуры для поддиапазонов коротких волн с растянутой шкалой рассчитываются следующим образом.

Сначала определяют коэффициент перекрытия диапазона

$$k_п = \frac{f_{макс}}{f_{мин}}$$

и вычисляют вспомогательную величину

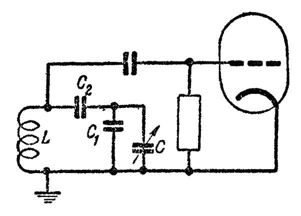
$$A = \frac{C(k_п^2 C_0 - C_р)(C_0 - C_р)}{C_0(k_п^2 - 1)},$$

где

$$C = C_{макс} - C_{мин};$$

$$C_р = C_к + C_м + C_{вх};$$

C_0 — минимальная емкость схемы.



К расчету контура для поддиапазонов коротких волн с растянутой шкалой.

После этого находят:

$$C_1 = \sqrt{\frac{C^2}{4} + A} - \frac{C}{2}; \quad C_2 = \frac{(C_0 - C_p) C_1}{C_1 - (C_0 - C_p)};$$

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f_{макс} C_0}.$$

Пример расчета. *Дано*: диапазон 9,1 — 10 *Мгц*; $C_{макс} = 500$ *пф*; $C_{мин} = 10$ *пф*.

Считаем $C_0 = 100$ *пф*.

Определяем:

$$C_p = 3 + 20 + 7 = 30 \text{ пф}; \quad k_n = \frac{10}{9{,}1} = 1{,}1; \quad k_n^2 = 1{,}21;$$

$$C = 500 - 10 = 490 \text{ пф};$$

$$A = \frac{490\,(1{,}21 \cdot 100 - 30)\,(100 - 30)}{100\,(1{,}21 - 1)} = 148\,000;$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{490^2}{4} + 148\,000} - \frac{490}{2} = 211 \text{ пф}.$$

(C_1 следует составить из постоянного конденсатора емкостью 200 *пф* и подстроечного конденсатора емкостью 6—25 *пф*.)

$$C_2 = \frac{(100 - 30)\,211}{211 - (100 - 30)} = 104 \text{ пф}; \quad L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{10^2 \cdot 100} = 2{,}53 \text{ мкгн}.$$

5-7. РАСЧЕТ ВХОДНОЙ ЦЕПИ ДЛЯ ДИАПАЗОНОВ ДЛИННЫХ, СРЕДНИХ И КОРОТКИХ ВОЛН

В радиовещательных приемниках используются входные цепи с трансформаторной или емкостной связью между контуром и антенной. Входная цепь с трансформаторной связью имеет лучшие электрические показатели, но требует дополнительной катушки. Входная цепь с емкостной связью проще конструктивно, но резко меняет величину передачи напряжения при настройке на разные частоты.

Входная цепь с трансформаторной связью

Типовые значения

Диапазон	Индуктивность катушки связи	Коэффициент связи $k = \frac{M}{\sqrt{LL_{св}}}$
150—415 *кгц*	15,5 *мгн*	0,45
520—1 600 *кгц*	1,3 *мгн*	0,25
3,94—12,1 *Мгц*	4—25 *мкгн*	0,03

Величины L и $C_в$ зависят от типа конденсатора C (см. стр. 120).

Расчет для диапазонов 150—415 и 520—1 600 кгц

Индуктивность катушки связи (*мкгн*)

$$L_{св} = \frac{350}{f^2_{мин}},$$

где $f_{мин}$ — минимальная частота диапазона, *Мгц*.

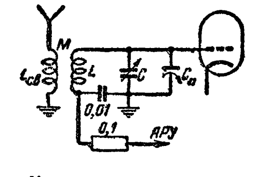
Добротность антенной цепи $Q_{а.ц}$:

в диапазоне 150 — 415 *кгц*

$$Q_{а.ц} = 40 - 60;$$

в диапазоне 520 — 1 600 *кгц*

$$Q_{а.ц} = 20 - 30.$$



К расчету входной цепи с трансформаторной связью.

Наибольший коэффициент связи, определяемый допустимым ухудшением избирательности контура,

$$k_1 = 0,25\sqrt{\frac{Q_{а.ц}}{Q}},$$

где Q — добротность контура.

Наибольший коэффициент связи, определяемый допустимым сдвигом настройки контура,

$$k_2 = 0,7\sqrt{\frac{4k_п^2 - 1}{Q(k_п^2 - 0,5)}},$$

где $k_п$ — коэффициент перекрытия диапазона.

Наибольший коэффициент связи, определяемый конструктивными возможностями,

$$k_3 = 0,7 \div 0,8.$$

Из величин k_1, k_2, k_3 надо выбрать меньшую, которая и будет необходимым коэффициентом связи k.

Взаимоиндуктивность между катушками связи и контура (*мкгн*)

$$M = k\sqrt{LL_{св}}.$$

Коэффициент передачи напряжения

$$K = kQ\sqrt{\frac{L}{L_{св}}} \cdot \frac{1}{1 - 0,3\left(\frac{f_{мин}}{f}\right)^2},$$

где f — частота, для которой определяется величина K.

Ослабление приема по зеркальному каналу

$$\sigma_з = Q\frac{\left[\left(\frac{f + 2f_{пр}}{f}\right)^2 - 1\right]\left[1 - 0,3\left(\frac{f_{мин}}{f + 2f_{пр}}\right)^2\right]}{1 - 0,3\left(\frac{f_{мин}}{f}\right)^2},$$

где f — частота, на которую настроен приемник, *Мгц*;

$f_{пр}$ — промежуточная частота, *Мгц*;

$f_{мин}$ — нижняя частота данного диапазона, *Мгц*.

Расчет следует производить для наиболее невыгодного случая, когда $f = f_{макс}$.

Ослабление приема сигналов, имеющих частоту, равную промежуточной частоте приемника, определяется тем же выражением, но вместо $f + 2f_{пр}$ надо подставлять $f_{пр}$. Этот расчет надо производить для случая настройки приемника на частоту f, наиболее близкую к промежуточной.

Пример расчета. *Дано*: диапазон 150—415 *кгц*=0,15—0,415 *Мгц*; $k_п = 2{,}8$; $Q = 12$; $L = 2\cdot 10^3$ *мкгн*; $f_{пр} = 465$ *кгц* $= 0{,}465$ *Мгц*.

Определяем:

$$L_{св} = \frac{350}{0{,}15^2} = 15{,}5\cdot 10^3 \text{ мкгн}; \quad Q_{а\,ц} = 40;$$

$$k_1 = 0{,}25\sqrt{\frac{40}{12}} \approx 0{,}45; \quad k_2 = 0{,}7\sqrt{\frac{4\cdot 2{,}8^2 - 1}{12\,(2{,}8^2 - 0{,}5)}} \approx 0{,}41;$$

$$k_3 = 0{,}7 \div 0{,}8, \quad k = 0{,}41; \quad M = 0{,}41\sqrt{2\cdot 10^3\cdot 15{,}5\cdot 10^3} = 2{,}3\cdot 10^3 \text{ мкгн};$$

при $f = f_{мин}$

$$K = 0{,}41\cdot 12\sqrt{\frac{2\cdot 10^3}{15{,}3\cdot 10^3}}\cdot\frac{1}{1 - 0{,}3\left(\frac{0{,}15}{0{,}15}\right)^2} = 2{,}7;$$

при $f = f_{макс}$

$$K = 0{,}41\ 12\sqrt{\frac{2\cdot 10^3}{15{,}3\cdot 10^3}}\cdot\frac{1}{1 - 0{,}3\left(\frac{0{,}15}{0{,}415}\right)^2} = 1{,}9;$$

при $f = f_{макс}$

$$\sigma_з = 12\,\frac{\left[\left(\frac{0{,}415 + 2\cdot 0{,}465}{0{,}415}\right)^2 - 1\right]\left[1 - 0{,}3\left(\frac{0{,}15}{0{,}415 + 2\cdot 0{,}465}\right)^2\right]}{1 - 0{,}3\left(\frac{0{,}15}{0{,}415}\right)^2} = 120;$$

ослабление приема сигнала с частотой, равной промежуточной,

$$\sigma_{пр} = 12\,\frac{\left[\left(\frac{0{,}465}{0{,}415}\right)^2 - 1\right]\cdot\left[1 - 0{,}3\left(\frac{0{,}15}{0{,}465}\right)^2\right]}{1 - 0{,}3\left(\frac{0{,}15}{0{,}415}\right)^2} = 3{,}5.$$

Расчет для коротковолнового диапазона 3,95—12,1 Мгц

Индуктивность катушки связи (*мкгн*)

$$L_{св} = \frac{16 \div 100}{f_{мин}} = \frac{16 \div 100}{3,95} = 4 \div 25,$$

где $f_{мин}$ — *Мгц*.

Коэффициент связи

$$k = \frac{0,3}{\sqrt{Q}}.$$

Взаимоиндуктивность между катушками связи и контура (*мкгн*)

$$M = k\sqrt{L_{св}L}.$$

Коэффициент передачи напряжения

$$K = (1 \div 3)\, 10^{-2}\, Qf_{мин}\, M,$$

где $f_{мин}$ — нижняя частота данного диапазона, *Мгц*.

Ослабление приема по зеркальному каналу

$$\sigma_з = Q\left(\frac{f + 2f_{пр}}{f} - \frac{f}{f + 2f_{пр}}\right),$$

где f — частота, на которую настроен приемник, *Мгц*.

Расчет следует производить для наиболее невыгодного случая, когда $f = f_{макс}$

Пример расчета. *Дано* $f = 3,95 \div 12,1$ *Мгц*,

$$Q = 100,\ L = 3,6\ мкгн,\ f_{пр} = 0,465\ Мгц.$$

Определяем:

$$L_{св} = \frac{100}{3,95} \approx 25\ мкгн;$$

$$k = \frac{0,3}{\sqrt{100}} = 0,03,\ M = 0,03\sqrt{25 \cdot 3,6} \approx 0,3\ мкгн;$$

$$K = (1 \div 3) \cdot 10^{-2} \cdot 100 \cdot 3,95 \cdot 0,3 \approx 1,2 \div 3,6,$$

при $f = f_{макс}$

$$\sigma_з = 100\left(\frac{12,1 + 2 \cdot 0,465}{12,1} - \frac{12,1}{12,1 + 2 \cdot 0,465}\right) = 15.$$

Входная цепь с емкостной связью между контуром и антенной

Типовое значение $C_{св} = 5 - 50$ *пф* (большее значение — для диапазона более низких частот). Величины L и $C_н$ определяются при расчете контура (см. стр. 120).

Расчет цепи

Максимальное значение $C_{св1}$ (*пф*), определяемое допустимым сдвигом настройки контура:

$$C_{св1} = \frac{4\,000}{f_{макс}\sqrt{QL}},$$

где f — *Мгц* и L — *мкгн*.

Максимальное значение $C_{св2}$, определяемое допустимым ухудшением избирательности контура, рассчитывается через вспомогательную величину

$$C_{02} = \frac{5 \cdot 10^3}{\sqrt{f_{макс}^3 LQ}};$$

тогда

$$C_{св2} = \frac{200 C_{02}}{200 - C_{02}}.$$

К расчету входной цепи с емкостной связью между контуром и антенной.

Из величин $C_{св1}$ и $C_{св2}$ надо выбирать меньшую, которая и будет необходимой емкостью $C_{св}$.

Вспомогательная величина

$$C_0 = \frac{200 C_{св}}{200 + C_{св}}$$

(если $C_{св} = C_{св2}$, то $C_0 = C_{02}$).

Коэффициент передачи напряжения

$$K = 4 \cdot 10^{-5} C_0 L Q f^2.$$

Ослабление приема по зеркальному каналу

$$\sigma_з = Q\left[1 - \left(\frac{f}{f + 2f_{пр}}\right)^2\right],$$

где f — частота, на которую настроен контур; $f_{пр}$ — промежуточная частота, *Мгц*. Расчет надо производить для наиболее невыгодного случая, когда $f = f_{макс}$.

Ослабление приема сигнала с частотой, равной промежуточной,

$$\sigma_{пр} = Q\left[1 - \left(\frac{f}{f_{пр}}\right)^2\right].$$

Расчет надо производить для случая настройки контура на частоту f, наиболее близкую к промежуточной.

Пример расчета. *Дано*: диапазон 150—415 *кгц* = 0,15—0,415 *Мгц*; $Q = 12$; $L = 2\cdot 10^3$ *мкгн*; $f_{np} = 0{,}465$ *Мгц*.

Определяем:

$$C_{cв1} = \frac{4\,000}{0{,}415\sqrt{12\cdot 2\cdot 10^3}} = 62 \text{ пф};$$

$$C_{02} = \frac{5\cdot 10^3}{\sqrt{0{,}415^3\cdot 2\cdot 10^3\cdot 12}} = 120 \text{ пф};$$

$$C_{cв2} = \frac{200\cdot 120}{200-120} = 300 \text{ пф}; \text{ берем } C_{cв} = 62 \text{ пф};$$

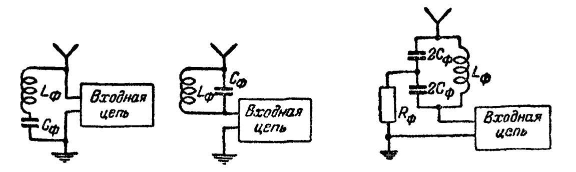
$$C_0 = \frac{200\cdot 62}{200+62} = 47 \text{ пф};$$

для $f = 0{,}415$ *Мгц* $K = 4\cdot 10^{-5}\cdot 47\cdot 2\cdot 10^3\cdot 12\cdot 0{,}475^2 = 7{,}8$;
для $f = 0{,}15$ *Мгц* $K = 4\cdot 10^{-5}\cdot 47\cdot 2\cdot 10^3\cdot 12\cdot 0{,}15^2 = 1$;
для $f = 0{,}415$ *Мгц* $f_{np} = 0{,}465$ *Мгц*;

$$\sigma_з = 12\left[1-\left(\frac{0{,}415}{0{,}415+2\cdot 0{,}465}\right)^2\right] = 11;$$

$$\sigma_{np} = 12\left[1-\left(\frac{0{,}415}{0{,}465}\right)^2\right] = 2{,}4.$$

Фильтры для ослабления прямого приема сигналов с частотой, равной промежуточной частоте приемника



Индуктивность $L_ф$ (*мкгн*) и емкость $C_ф$ (*пф*) должны удовлетворять условию

$$L_ф = \frac{2{,}53\cdot 10^{10}}{C_ф f_{np}^2},$$

где f_{np} — промежуточная частота, *кгц*.

Сопротивление (*ком*)

$$R_ф = \frac{3{,}14 f_{np} L_ф\ 10^{-6}}{2 d_ф},$$

где $d_ф$ — затухание катушки фильтра.

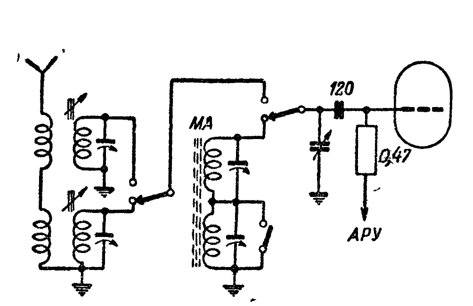
Практически удобно использовать катушку и конденсатор такие же, как и в контурах усилителя промежуточной частоты.

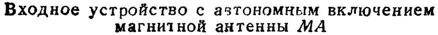
Фильтр применяется, если входная цепь и усилитель радиочастоты дают недостаточное ослабление приема на частоте, равной промежуточной. Такие же фильтры могут быть введены в схему усилителя радиочастоты. Важно, чтобы фильтр был точно настроен на промежуточную частоту.

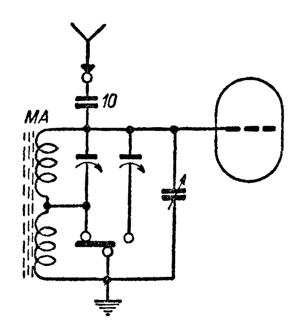
5-8. ВХОДНЫЕ УСТРОЙСТВА С МАГНИТНОЙ АНТЕННОЙ

Магнитная антенна представляет собой стержень из феррита или магнитодиэлектрика с обмоткой Она включается либо вместо катушки контура входной цепи, либо последовательно с катушкой поэтому их общая индуктивность должна выбираться так же, как индуктивность обычной контурной катушки.

Антенна обладает ярко выраженной направленностью, поэтому плоскость намотки ее витков должна быть перпендикулярна направлению на принимаемую станцию, что заставляет при приеме разных станций поворачивать либо антенну в приемнике, либо весь приемник с антенной.




Входное устройство с автономным включением магнитной антенны *МА*



Входное устройство с магнитной антенной допускающее присоединение внешней антенны.

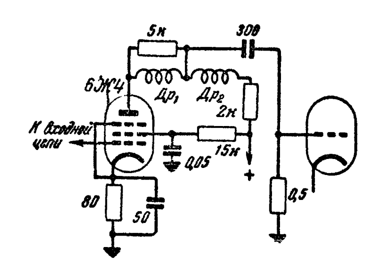
Резонансный коэффициент передачи напряжения равен добротности контура, образуемого обмоткой магнитной антенны вместе с конденсаторами. Добротность зависит от свойств магнитного материала и выполнения обмотки. При чрезмерно высокой добротности полоса пропускания входного устройства получается слишком узкой В таких случаях для снижения добротности и расширения полосы пропускания обмотку антенны необходимо либо выполнять из более тонкого провода, либо шунтировать дополнительным сопротивлением

Точные расчеты добротности антенны затруднены, поэтому необходимость включения сопротивления и его величина должны определяться экспериментально

Расчет входного устройства при работе от внешней антенны можно производить обычным порядком (пренебрегая действием магнитной антенны и рассматривая ее как обычную контурную катушку).

5-9. РАСЧЕТ КАСКАДА УСИЛЕНИЯ РАДИОЧАСТОТЫ ДЛЯ ДИАПАЗОНОВ ДЛИННЫХ, СРЕДНИХ И КОРОТКИХ ВОЛН

Ненастраиваемый (апериодический) усилитель радиочастоты



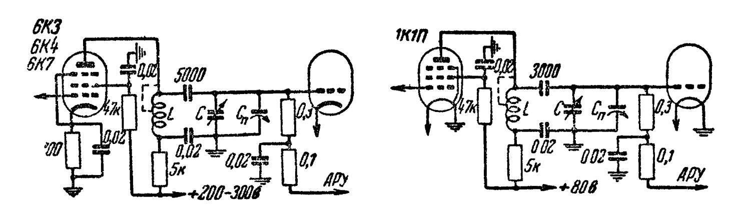
Дроссель $Др_1$ содержит 80 витков провода ПЭШО 0,15 и наматывается внавал на сопротивлении ВС-0,5 5 *ком.*

Дроссель $Др_2$ имеет 60 витков того же провода и также наматывается внавал на сопротивлении ВС-0,25 0,2 *Мом*

Резонансный усилитель радиочастоты

Расчет схемы

Расчет индуктивности и емкости контура см. на стр. 71.



Величина предельного устойчивого усиления для выбранной лампы в данном диапазоне

$$K_у = 6\sqrt{\frac{S}{f_{макс}C_{пр}}},$$

где S — крутизна лампы, *ма/в*,

$f_{макс}$ — максимальная частота диапазона, *Мгц*;

$C_{пр}$ — проходная емкость (между анодом и сеткой) лампы, *пф*.

Максимальная величина эквивалентного резонансного сопротивления контура (*ком*)

$$R_к = 6{,}28QLf_{макс}\,10^{-3},$$

где Q — добротность контура,

L — индуктивность катушки, *мкгн*.

Коэффициент трансформации, необходимый для устойчивой работы,

$$n_1 = \frac{K_у}{SR_к}.$$

Коэффициент трансформации, необходимый для сохранения избирательности контура,

$$n_2 = 0{,}5\sqrt{\frac{R_i}{R_к}},$$

где R_i — внутреннее сопротивление лампы, *ком*.

Из величин n_1 и n_2 надо выбрать меньшую, которая обозначается n, причем если она превышает единицу, то для дальнейших расчетов надо принять $n = 1$.

При $n = 1$ анод усилительной лампы присоединяется к верхнему концу контура, а при $n < 1$ — к отводу от катушки l. Отвод должен быть выполнен так, чтобы между ним и нижним концом катушки было nw витков, где w — общее число витков катушки L.

Усиление на частоте $f_{макс}$

$$K_1 = SR_к n.$$

Усиление на частоте $f_{мин}$

$$K_2 = K_1\frac{f_{мин}}{f_{макс}}.$$

Ослабление приема по зеркальному каналу

$$\sigma_з = Q\left(\frac{f + 2f_{пр}}{f} - \frac{f}{f + 2f_{пр}}\right),$$

где f — частота, на которую настроен приемник, *Мгц*;

$f_{пр}$ — промежуточная частота, *Мгц*.

Расчет следует производить для наиболее невыгодного случая

$$f = f_{макс}.$$

Ослабление приема сигнала с частотой, равной промежуточной,

$$\sigma_{пр} = Q\left(\frac{f_{пр}}{f} - \frac{f}{f_{пр}}\right),$$

где f — частота, на которую настроен приемник.

Расчет следует производить для наиболее невыгодного случая, когда приемник настроен на частоту диапазона, наиболее близкую к промежуточной.

Постоянные сопротивления в цепях питания лампы рассчитываются по формуле

$$R = \frac{\Delta U}{I},$$

где R — сопротивление, *ком*;

ΔU — необходимое падение напряжения, *в*;

I — ток соответствующей цепи лампы, *ма*.

Мощность, рассеиваемая на сопротивлении (*вт*),

$$P = \frac{\Delta U^2}{1\,000R}.$$

Емкости конденсаторов берутся типовые, указанные на схемах.

Пример расчета. *Дано*: диапазон 150—415 *кгц* = 0,15—0,415 *Мгц*; $L = 2 \cdot 10^3$ *мкгн*;

$$Q = 12, \text{ лампа 6К3}; \; S = 2 \; ма/в; \; C_{пр} = 0{,}003 \; пф;$$

$$U_a = 250 \; в; \; I_a = 9{,}25 \; ма; \; U_э = 100 \; в; \; I_э = 2{,}5 \; ма;$$

$R_i = 800$ *ком*; $U_{c0} = -3$ *в*; напряжение источника анодного питания 300 *в*.

Определяем:

$$K_y = 6\sqrt{\frac{2}{0{,}415 \cdot 0{,}003}} = 240;$$

$$R_к = 6{,}28 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0{,}415 \cdot 10^{-3} = 62{,}5 \; ком;$$

$$n_1 = \frac{240}{2 \cdot 62{,}5} = 2; \quad n_2 = 0{,}5\sqrt{\frac{800}{62{,}5}} = 1{,}8; \; n = 1;$$

при $f = 415$ *кгц* $K_1 = 2 \cdot 62{,}5 \cdot 1 = 125;$

при $f = 150$ *кгц* $K_2 = 125\dfrac{0{,}15}{0{,}415} = 45;$

при $f = 415$ *кгц* $\sigma_з = 12\left(\dfrac{0{,}415 + 2 \cdot 0{,}465}{415} - \dfrac{0{,}415}{0{,}415 + 2 \cdot 0{,}465}\right) = 35$

$$\sigma_{пр} = 12\left(\frac{0{,}465}{0{,}415} - \frac{0{,}415}{0{,}465}\right) = 2{,}6;$$

сопротивление в анодной цепи

$$R_1 = \frac{300 - 250}{9{,}25} = 5{,}4 \; ком,$$

сопротивление в цепи экранирующей сетки

$$R_2 = \frac{300 - 100}{2{,}5} = 80 \; ком.$$

сопротивление в цепи катода

$$R_3 = \frac{3}{9{,}25 + 2{,}5} = 0{,}25 \; ком = 250 \; ом;$$

рассеиваемая мощность на сопротивлении в анодной цепи

$$P_1 = \frac{(300 - 250)^2}{1\,000 \cdot 5{,}4} = 0{,}5 \; вт;$$

рассеиваемая мощность на сопротивлении в цепи экранирующей сети

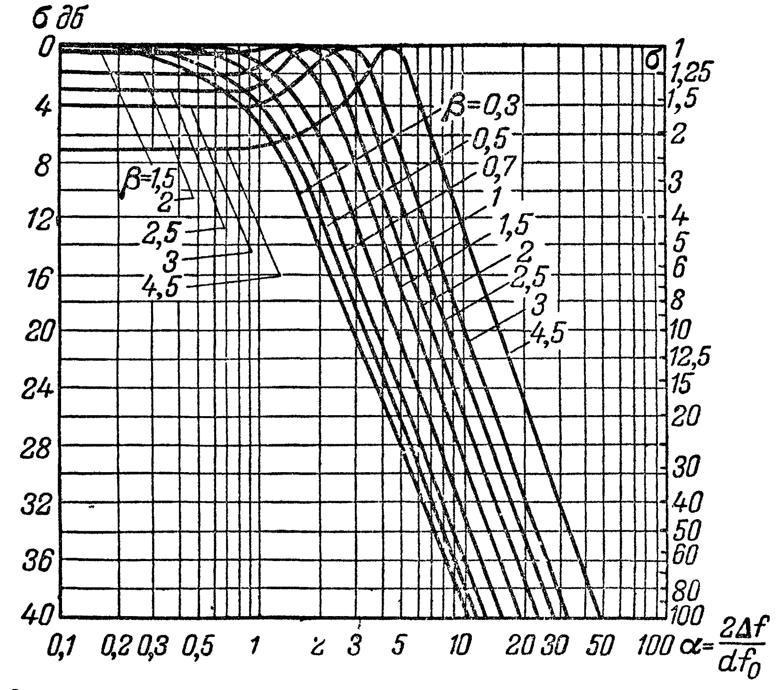
$$P_2 = \frac{(300 - 100)^2}{1\,000\ 80} = 0{,}5\ вт;$$

рассеиваемая мощность на сопротивлении в цепи катода

$$P_3 = \frac{3^2}{1\,000\ 0{,}25} = 0{,}04\ вт.$$

5-10. РАСЧЕТ ФИЛЬТРОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПРИЕМА НА ДЛИННЫХ, СРЕДНИХ И КОРОТКИХ ВОЛНАХ

Зададимся числом m фильтров промежуточной частоты. Один из них входит в анодную цепь преобразователя частоты, остальные — в каскады усиления промежуточной частоты. Поэтому число фильтров должно быть на единицу больше числа каскадов усиления промежуточной частоты.



Обобщенные резонансные кривые для расчета фильтров промежуточной частоты.

Считая, что создаваемое всем усилителем промежуточной частоты ослабление приема на границе полосы пропускания равно σ_2 *дб*, определим ослабление, даваемое каждым фильтром, как

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_2}{m} \text{ дб}$$

Будем вести расчет для наиболее употребительных двухконтурных полосовых фильтров по обобщенным резонансным кривым, где на вертикальной оси отложена величина ослабления приема σ (в децибелах), а на горизонтальной оси даны значения обобщенной расстройки

$$a = \frac{2\Delta f}{f_{np}} Q,$$

где Δf — расстройка, *кгц*,

f_{np} — промежуточная частота, *кгц*;

Q — добротность каждого из контуров фильтра (контуры считаются одинаковыми).

Кривые построены для разных значений величины

$$\beta = kQ,$$

где k — коэффициент связи контуров.

При значениях $\beta \leqslant 1$ резонансные кривые имеют одну, а при $\beta > 1$ — две вершины. Применение полосовых фильтров с двухвершинной резонансной кривой позволяет получить более высокую избирательность при прочих равных условиях, однако регулировка величины связи и настройка таких фильтров требуют наличия специальной аппаратуры. При отсутствии ее следует использовать наиболее близкую к прямоугольной одновершинную резонансную кривую, соответствующую $\beta = 1$. При наличии аппаратуры для наблюдения резонансных кривых выгоднее использовать двухвершинную кривую

Выбрав кривую $\beta = 1$, надо отыскать на ней точку, лежащую на уровне σ_1, и прочитать соответствующее ей значение a_1. Тогда расчетное значение добротности контура

$$Q_p = \frac{a_1 f_{np}}{2F_в},$$

где $F_в$ — верхняя граничная частота полосы пропускания.

Полученное значение Q_p надо сопоставить с конструктивно осуществимой добротностью контура $Q_к$ Для контуров с катушками, намотанными одножильным проводом на картонных каркасах без сердечников,

$$Q_к = 20 \div 30,$$

для контуров с катушками из многожильного высокочастотного провода на улучшенных каркасах с магнитодиэлектрическими сердечниками

$$Q_к = 30 \div 80,$$

для контуров, имеющих катушки с замкнутой магнитной системой из магнитодиэлектрика,

$$Q_к = 80 \div 200.$$

Если $Q_р < Q_к$, то в дальнейших расчетах следует считать $Q = Q_р$. При этом должны быть приняты меры, чтобы фактическая добротность контура была снижена до величины $Q_р$. В этом случае для дальнейших расчетов надо использовать выбранную кривую $\beta = 1$.

Если $Q_р > Q_к$, то в дальнейших расчетах следует считать добротность контуров равной $Q = Q_к$. При этом необходимо выбрать другую кривую. Для этого определяют величину

$$\alpha_1' = Q \frac{2F_в}{f_{пр}}$$

и находят на графике точку с горизонтальной осью α_1', лежащую на уровне σ_1 *дб*. Кривая, проходящая через эту точку, и должна использоваться в дальнейших расчетах вместо первоначально выбранной кривой, имевшей $\beta = 1$. Для дальнейших расчетов надо использовать значение β, указанное на этой новой кривой.

Определим величину

$$\alpha_2 = \frac{2 \cdot 10}{f_{пр}} Q,$$

где Q — выбранная выше добротность контуров;
$f_{пр}$ — промежуточная частота, *кгц*;
цифра 10 — расстройка, соответствующая соседнему каналу, *кгц*.

По выбранной выше кривой определим соответствующее величине α_2 ослабление σ_2 *дб* приема по соседнему каналу, даваемое одним фильтром. Полное ослабление, создаваемое всеми фильтрами, составляет $m\sigma_2$ *дб*. Эта величина приблизительно равна ослаблению приема по соседнему каналу для всего приемника. Она должна удовлетворять требованиям, указанным на стр. 99. Если ослабление $m\sigma_2$ недостаточно, то весь расчет фильтров надо произвести заново, задавшись бо́льшим числом фильтров m или используя двухвершинную резонансную кривую.

Расчет фильтров с двухвершинной резонансной кривой ведется в том же порядке, но, выбирая двухвершинную кривую, надо следить за тем, чтобы она при $\alpha = 0$ не опускалась ниже уровня $\frac{\sigma_2 + \sigma_{р.ч}}{m}$ *дб*, где $\sigma_{р.ч} = 2$ *дб* — неравномерность усиления, принятая для радиочастотного тракта. Наиболее выгодно начинать расчет именно с той кривой, которая проходит при $\alpha = 0$ на уровне $\frac{\sigma_2 + \sigma_{р.ч}}{m}$ *дб*.

Расчет фильтров промежуточной частоты приемника с переменной полосой пропускания производится следующим образом. Сначала фильтры рассчитываются изложенным выше способом на наименьшую

верхнюю частоту полосы пропускания $F_{в\,мин}$. При этом желательно выбрать одновершинную кривую с возможно меньшим значением β.

Изменяя величину связи между контурами, можно добиться того, что общая резонансная кривая всех фильтров промежуточной частоты станет двухвершинной и опустится при $\alpha = 0$ до уровня $\sigma_2 + \sigma_{р\,ч}$ *дб*. Это соответствует наиболее широкой достижимой полосе пропускания. Если такое изменение связи производится во всех фильтрах одновременно, то наиболее широкая полоса пропускания определяется путем выбора обобщенной резонансной кривой одного фильтра, проходящей при $\alpha = 0$ на уровне $\frac{\sigma_2 + \sigma_{р\,ч}}{m}$ *дб*, и определения величины $\alpha_{макс}$ для точки, лежащей на падающей части кривой на уровне $\frac{\sigma_2}{m}$ *дб* По этой величине определяется наибольшая верхняя частота полосы пропускания:

$$F_{в\,макс} = \frac{\alpha_{макс} f_{пр}}{2Q},$$

где Q — добротность контуров фильтра, принятая при расчете на наименьшую полосу пропускания

Значение $\beta_{макс} = Qk_{макс}$ для выбранной широкой кривой определяет наибольшее необходимое значение коэффициента связи k.

Если по конструктивным соображениям величина связи меняется не во всех фильтрах, то для определения наибольшей полосы пропускания следует построить суммарную резонансную кривую всех фильтров (как тех, у которых величина β увеличена, так и тех у которых она осталась неизменной). Для этого надо сложить величины ослаблений σ, даваемых разными фильтрами, определяя их для одинаковых значений α по кривым с соответствующими значениями β. Путем таких построений надо подобрать значение β для того фильтра, в котором меняется связь, с таким расчетом, чтобы общая резонансная кривая была двухвершинной и при $\alpha = 0$ проходила на уровне $\sigma_2 + \sigma_{р\,ч}$ *дб*.

Подобрав такую кривую, определяют значение $\alpha_{макс}$, соответствующее точке, лежащей на падающей части этой кривой на уровне σ_2 *дб*. По этому значению находят наибольшую полосу пропускания, пользуясь соотношением $F_{макс} = \frac{\alpha_{макс} f_{пр}}{2Q}$ Наибольшее значение β, принятое для фильтра с переменной связью, определяет, как и в предыдущем случае, максимальное значение коэффициента связи для этого фильтра

Емкость C каждого контура выбирается в пределах 50—200 *пф*. При этом надо иметь в виду, что увеличение емкости повышает устойчивость работы усилителя но уменьшает величину усиления, даваемого каждым каскадом промежуточной частоты.

Индуктивность каждой катушки (*мкгн*)

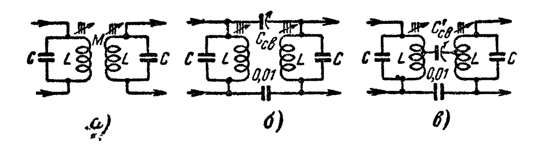
$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f_{np}^2 C},$$

где f_{np} — промежуточная частота, *кгц*.

При конструктивной величине добротности $Q_к$, превышающей требуемую величину Q больше чем на 20—25%, каждый контур должен быть зашунтирован дополнительным сопротивлением (*ком*)

$$R_ш = \frac{6{,}28 f_{np} L}{\frac{1}{Q} - \frac{1}{Q_к}} 10^{-6}.$$

Если величина $R_ш$ получается порядка 10^3 *ком* или более, то этого сопротивления можно не ставить.



Схемы двухконтурных фильтров промежуточной частоты с различной связью между контурами.
В схемах *б* и *в* катушки *L* должны быть экранированы одна от другой.

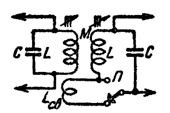


Схема фильтра с переменной полосой пропускания. Дополнительная обмотка $L_{св}$ из четырех-пяти витков должна быть сильно связана с катушкой *L* первичного контура.

Взаимоиндуктивность между катушками фильтра при индуктивной связи (схема *а*)

$$M = kL = \frac{\beta}{Q} L.$$

При использовании емкостной связи (схема *б*)

$$C_{св} = kC = \frac{\beta}{Q} C.$$

Если величина $C_{св}$ получается чрезмерно малой, можно использовать схему неполной емкостной связи (схема *в*). В этом случае емкость конденсатора связи

$$C'_{св} = C \left(\frac{w_1}{w}\right)^2,$$

где w — полное число витков каждой катушки;
w_1 — число витков между отводом и нижним (на схеме) концом катушки.

Пример расчета. *Дано*: $m=2$; $F_в=4$ *кгц*; $f_{пр}=456$ *кгц*, $\sigma_\Delta=6$ *дб*. *Определяем*:

$$\sigma_1=\frac{6}{2}=3\ дб,\ \beta=1;\ \alpha_1=1{,}5;$$

$$Q_p=\frac{1{,}5\cdot 465}{2\cdot 4}=88.$$

Первый случай: $Q_к=100$, $Q_p<Q_к$; $Q=88$,

$$\alpha_2=88\frac{2\cdot 10}{465}=3{,}8,\ \sigma_2=17\ дб;$$

общее ослабление равно $2\cdot 17=34$ *дб*.

Второй случай: $Q_к=50$; $Q_p>Q_к$; $Q=50$;

$$\alpha_1'=50\frac{2\cdot 4}{465}=0{,}85;$$

берем кривую $\beta=0{,}7$; $\alpha_2=50\frac{2\cdot 10}{465}=2{,}15$; $\sigma_2=12$ *дб*; общее ослабление равно $2\cdot 12=24$ *дб*.

$$C=200\ пф;\ L=\frac{2{,}53\cdot 10^{10}}{465^2\cdot 200}=590\ мкгн.$$

Для первого случая:

$R_ш=\dfrac{6{,}28\cdot 465\cdot 590}{\frac{1}{88}-\frac{1}{100}}10^{-6}>1\,000$ *ком* (сопротивления такой величины можно не ставить);

$$M=kL=\frac{\beta L}{Q}=\frac{1\cdot 590}{88}=6{,}7\ мкгн.$$

5-11. РАСЧЕТ УСИЛИТЕЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Величина предельного устойчивого усиления для выбранной лампы

$$K_y=200\sqrt{\frac{S}{f_{пр}C_{пр}}},$$

где S — крутизна лампы, *ма/в*;

$C_{пр}$ — проходная емкость (между анодом и сеткой) лампы, *пф*;

$f_{пр}$ — промежуточная частота, *кгц*

Эквивалентное резонансное сопротивление (*ком*)

$$R_к=6{,}28QLf_{пр}10^{-6},$$

где L (*мкгн*) и Q известны из расчета фильтра промежуточной частоты.

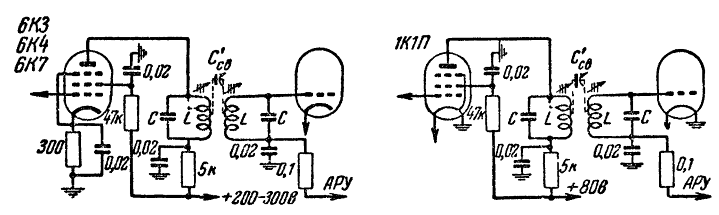
Коэффициент трансформации, необходимый для устойчивой работы,

$$n_1 = \frac{K_y}{SR_к}.$$

Коэффициент трансформации, необходимый для сохранения избирательности,

$$n_2 = 0,5\sqrt{\frac{R_i}{R_к}},$$

где R_i — внутреннее сопротивление усилителей лампы, *ком*.



Схемы усилителей промежуточной частоты.

Из величин n_1 и n_2 надо выбрать меньшую, которая обозначается n, причем если она превышает единицу, то для дальнейших расчетов надо принять $n = 1$.

При $n = 1$ анод усилительной лампы присоединяется к верхнему концу первичного контура, а при $n < 1$ — к отводу от катушки Отвод должен быть выполнен так, чтобы между ним и нижним концом катушки было nw витков, где w — общее числов витков катушки

Усиление каскада

$$K = \frac{\beta}{1+\beta^2} SR_к.$$

Возможность присоединения детектора к верхнему и нижнему концам последнего контура промежуточной частоты определяется путем расчета вспомогательной величины

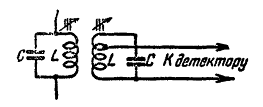
$$n_д = 0,5\sqrt{\frac{R_{вх}}{R_к}},$$

где $R_{вх}$ — входное сопротивление детектора, *ком*.

При $n_д \geqslant 1$ указанное присоединение допустимо. Если же $n_д < 1$, то детектор должен быть присоединен к отводу от катушки L, причем между отводом и нижним концом катушки должно быть $n_д w$ витков, где w — полное число витков катушки. В этом случае коэффициент усиления последнего каскада промежуточной частоты

$$K = \frac{\beta}{1+\beta^2} SR_к n n_д.$$

Сопротивления в цепях электродов усилительной лампы рассчитываются так же, как и для усилителя радиочастоты. Емкости схемы усилителя промежуточной частоты берутся типовые.



Контур усилителя промежуточной частоты с отводом от катушки L.

Пример расчета. *Дано* $f_{пр}=465$ *кгц*, $L=600$ *мкгн*, $Q=88$, $\beta=1$ (из расчета полосового фильтра), лампа — 6К3 ($S=2$ *ма/в*, $C_{пр}=0{,}003$ *пф*, $R_i=800$ *ком*), $R_{вх}=200$ *ком*.

Определяем

$$K_y=200\sqrt{\frac{2}{465\ 0{,}003}}=240;\quad R_к=6{,}28\cdot 88\ 600\ 465\cdot 10^{-6}=155\ ком;$$

$$n_1=\frac{240}{2\cdot 155}\approx 0{,}82;\ n_2=0{,}5\sqrt{\frac{800}{310}}\approx 0{,}8;$$

$$n=0{,}8;\ n_д=0{,}5\sqrt{\frac{200}{155}}=0{,}6;$$

$$K=\frac{1}{1+1^2}\cdot 2\cdot 155\cdot 0{,}8\cdot 0{,}6\approx 75.$$

5-12. КАСКАД СОСРЕДОТОЧЕННОЙ ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ

Использование каскада сосредоточенной избирательности с многозвенным фильтром позволяет улучшить ослабление приема по соседнему каналу. Применение многозвенного фильтра вместо двухконтурного полосового фильтра целесообразно, если собственная добротность контуров удовлетворяет условию

$$Q\geqslant 1{,}4\,\frac{f_{пр}}{F_в},$$

где $f_{пр}$ — промежуточная частота, *кгц*;

$F_в$ — верхняя граничная частота полосы пропускания, *кгц*.

Действие многозвенного фильтра характеризуется обобщенными кривыми, изображающими зависимость даваемого одним звеном ослабления σ' (в децибелах) от обобщенной расстройки.

$$\alpha=\frac{\Delta f}{F_в},$$

где Δf — расстройка, *кгц*.

Кривые построены для разных значений величины $\beta=\frac{f_{пр}}{QF_в}$.

При расчете многозвенного фильтра по заданным значениям Q, $f_{пр}$ и $F_в$ определяют β и выбирают требуемую кривую. Далее, находят величину $\alpha_2=\frac{10}{F_в}$, где 10 — расстройка, соответствующая соседнему каналу, *кгц*.

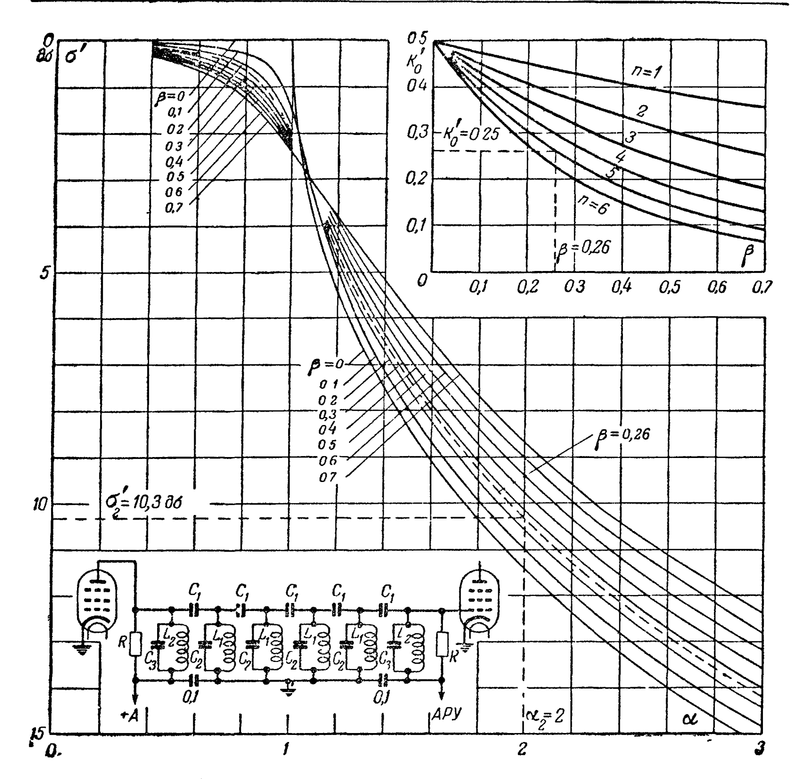


График для расчета многозвенного фильтра.

По выбранной кривой для найденной величины α_2 определяют ослабление приема по соседнему каналу σ_2' *дб*, даваемое одним звеном фильтра. Если общее требуемое ослабление приема по соседнему каналу равно σ_2 *дб*, то нужное число звеньев n определяется как

$$n = \frac{\sigma_2}{\sigma_2'},$$

причем полученное значение n следует округлить до целого числа.

Чтобы получить результирующую характеристику фильтра, содержащего n звеньев, нужно ординаты выбранной кривой умножить на n, а абсциссы — на $F_в$. Полученный график будет изображать зависимость даваемого всем фильтром ослабления приема σ (в децибелах) от абсолютной расстройки Δf (в килогерцах). Чтобы получить

общую резонансную кривую всего тракта промежуточной частоты, необходимо сложить ординаты этой кривой многозвенного фильтра с ординатами резонансной кривой остальных каскадов промежуточной частоты при одинаковых расстройках Δf.

Коэффициент усиления каскада с многозвенным фильтром рассчитывают по формуле

$$K_0 = K_0' SR,$$

где S — крутизна лампы, *ма/в* (если многозвенный фильтр включается в анодную цепь лампы преобразователя частоты, то следует использовать крутизну преобразования);

K_0' — коэффициент, зависящий от n и β и определяемый по графику,

R — величина каждого из одинаковых сопротивлений на входе и выходе фильтра, *ком*

Для расчета элементов звеньев фильтра следует задаться величинами сопротивлений R на входе и выходе фильтра порядка 50—150 *ком*

Емкости C_1, C_2 и C_3 (в пикофарадах) рассчитывают по формулам:

$$C_1 = \frac{10^6}{6{,}28 f_{np} R}; \quad C_2 = \frac{10^6}{6{,}28 F_в R} - 2C_1, \quad C_3 = \frac{1}{2} C_2.$$

Индуктивности L_1 и L_2 (в микрогенри) определяют по формулам

$$L_1 = \frac{F_в R 10^6}{6{,}28 f_{np}^2}, \quad L_2 = 2L_1.$$

Катушки фильтра должны быть экранированы одна от другой, причем для повышения добротности их целесообразно выполнять с замкнутыми магнитодиэлектрическими сердечниками Емкости должны иметь отклонения от расчетных значений не более $\pm 5\%$

Пример расчета. *Дано.* $f_{np} = 465$ *кгц*; $F_в = 5$ *кгц*, $Q = 350$; $\sigma_2 = 50$ *дб*, $S = 0{,}5$ *ма/в*.

Определяем:

$$Q = 350 > 1{,}4 \frac{465}{5} = 130,$$

т. е. применение многозвенного фильтра целесообразно.

$$\beta = \frac{465}{350 \cdot 5} = 0{,}26$$

(требуемая кривая лежит между кривыми $\beta = 0{,}2$ и $\beta = 0{,}3$).

$$a_2 = \frac{10}{5} = 2;$$

$$\sigma_2' = 10{,}3 \ дб, \ n = \frac{50}{10{,}3} = 5, \ K_0' = 0{,}25.$$

Примем $R = 100$ *ком*

Тогда

$$K_0 = 0{,}5 \cdot 100 \cdot 0{,}26 = 13; \ C_1 = 3{,}5 \ пф, \ C_2 = 310 \ пф;$$

$$C_3 = 155 \ пф, \ L_1 = 380 \ мкгн, \ L_2 = 760 \ мкгн.$$

5-13. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ДИАПАЗОНОВ ДЛИННЫХ, СРЕДНИХ И КОРОТКИХ ВОЛН

Смесительные каскады (с отдельным гетеродином)

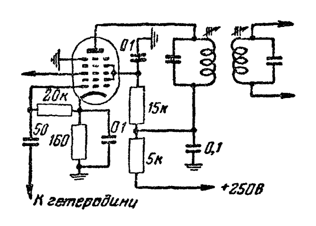


Схема смесительного каскада с гептодом 6А7, 6А10С или 6А2П. Гептод 1А1П включается по такой же схеме, но без сопротивления и конденсатора в цепи катода.

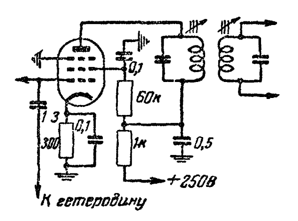


Схема смесительного каскада с пентодом 6Ж4. Эта схема обеспечивает усиление в несколько раз большее, чем схемы с другими лампами. Сопротивление в цепи катода рекомендуется подбирать в пределах 500—2 000 *ом*.

Гетеродины

Элементы контура гетеродина рассчитываются по номограммам на стр. 145—148.

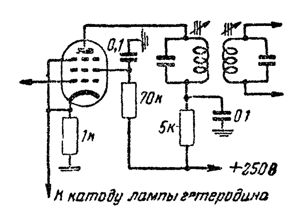


Схема с катодной связью, применяемая в случае использования пентодов с невысокой крутизной (6К3, 6К4, 6К7).

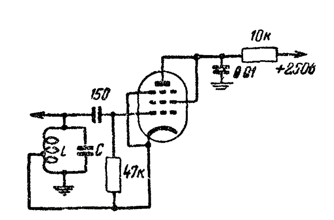


Схема гетеродина с заземленным анодом и автотрансформаторной обратной связью. В этой схеме рекомендуется применять лампы с высокой крутизной (например 6А7 с присоединением всех сеток, кроме первой и пятой, к аноду).

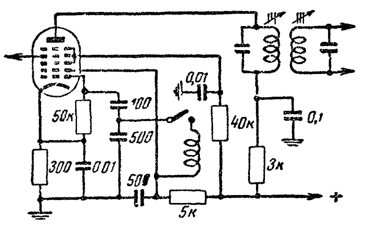


Схема гетеродина с гептодом 6А8, удобная для переключения фиксированных настроек. Смена настроек производится путем включения различных катушек, заранее настроенных на нужные частоты магнитодиэлектрическими сердечниками. Обратная связь — емкостная.

Преобразовательные каскады (с внутренним гетеродином)

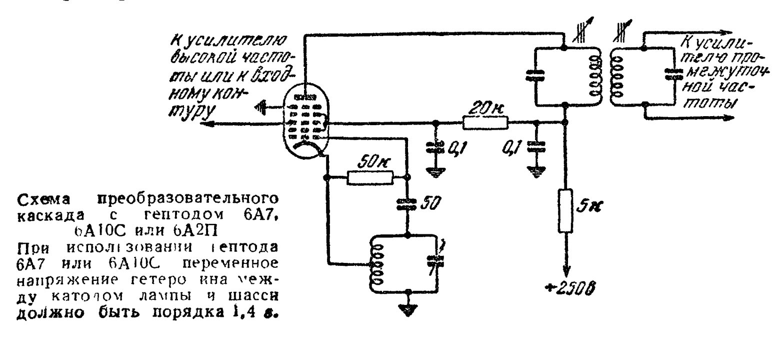


Схема преобразовательного каскада с гептодом 6А7, 6А10С или 6А2П
При использовании гептода 6А7 или 6А10С переменное напряжение гетеродина между катодом лампы и шасси должно быть порядка 1,4 в.

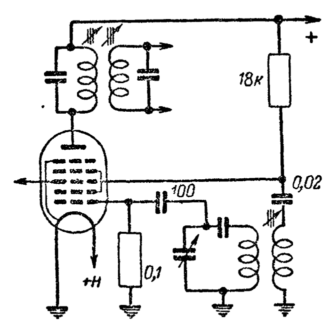


Схема преобразовательного каскада с гептодом 1А1П или 1А2П.

Схема преобразовательного каскада с триод-гептодом 6И1П.

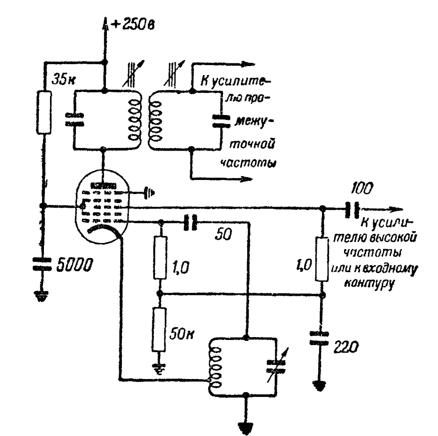


Схема преобразовательного каскада с автоматической компенсацией влияния изменений напряжения гетеродина (с гептодом 6А7 или 6А10С).

Расчет преобразовательного каскада

Для упрощения конструкции фильтр промежуточной частоты в анодной цепи преобразователя частоты всегда используется такой же, как и в каскадах усиления промежуточной частоты.

Коэффициент трансформации, необходимый для сохранения избирательности,

$$n = 0{,}5\sqrt{\frac{R_i}{R_к}},$$

где $R_к$ — резонансное сопротивление контура, известное из расчета каскада усиления промежуточной частоты, *ком*;

R_i — внутреннее сопротивление преобразовательной лампы, *ком*.

Если величина $n > 1$, то для дальнейших расчетов надо принять $n = 1$.

При $n = 1$ анод преобразовательной лампы присоединяется к верхнему концу первичного контура фильтра, а при $n < 1$—к отводу от катушки. Отвод должен быть выполнен так, чтобы между ним и нижним концом катушки было nw витков, где w — общее число витков катушки.

Усиление каскада

$$K = \frac{\beta}{1+\beta^2} R_к S_п n,$$

где $S_п$ — крутизна преобразования лампы, приводимая в таблицах справочных данных по лампам. При отсутствии этой величины можно считать $S_п \approx \frac{1}{4} S$, где S — крутизна лампы в режиме обычного усиления.

Пример расчета. *Дано.* полосовой фильтр с параметрами $R_к = 155$ *ком*; $\beta = 1$ (из расчета на стр. 139); лампа 6А7 ($S_п$=0,45 *ма/в*; $R_i = 1\,000$ *ком*).

Определяем:

$$n = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{1\,000}{155}} \approx 1{,}2;$$

$$K = \frac{1}{1+1^2} 155 \cdot 0{,}45 \cdot 1 \approx 35.$$

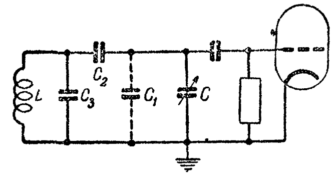


Схема контура гетеродина.

Расчет элементов контура гетеродина, обеспечивающих сопряжение настройки со входным контуром, производят следующим образом.

По известной величине $k_п$ (см. стр. 120) и номограмме I находят вспомогательный коэффициент k'.

Определяют отношение промежуточной частоты к максимальной частоте данного диапазона.

$$k'' = \frac{f_{пр}}{f_{макс}}.$$

По формулам

$$f_1 = f_{мин}k'; \quad f_2 = \sqrt{f_{макс} f_{мин}} \quad \text{и} \quad f_3 = \frac{f_{макс}}{k'}$$

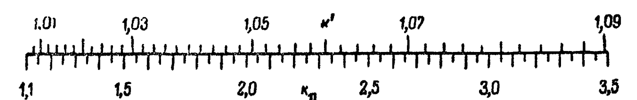
находят частоты точного сопряжения, на которых следует регулировать приемник.

По номограмме 2 определяют максимальную относительную неточность сопряжения в заданном диапазоне.

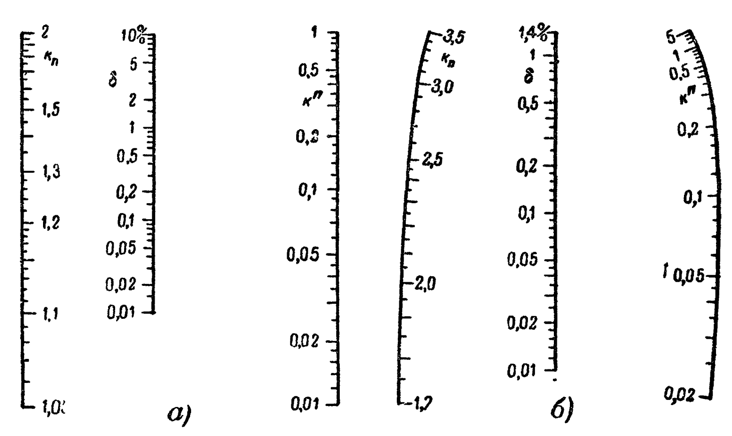
Вычисляют изменение емкости конденсатора настройки:

$$C = C_{макс} - C_{мин}.$$

По номограммам 3 и 4 находят вспомогательные величины A и B.

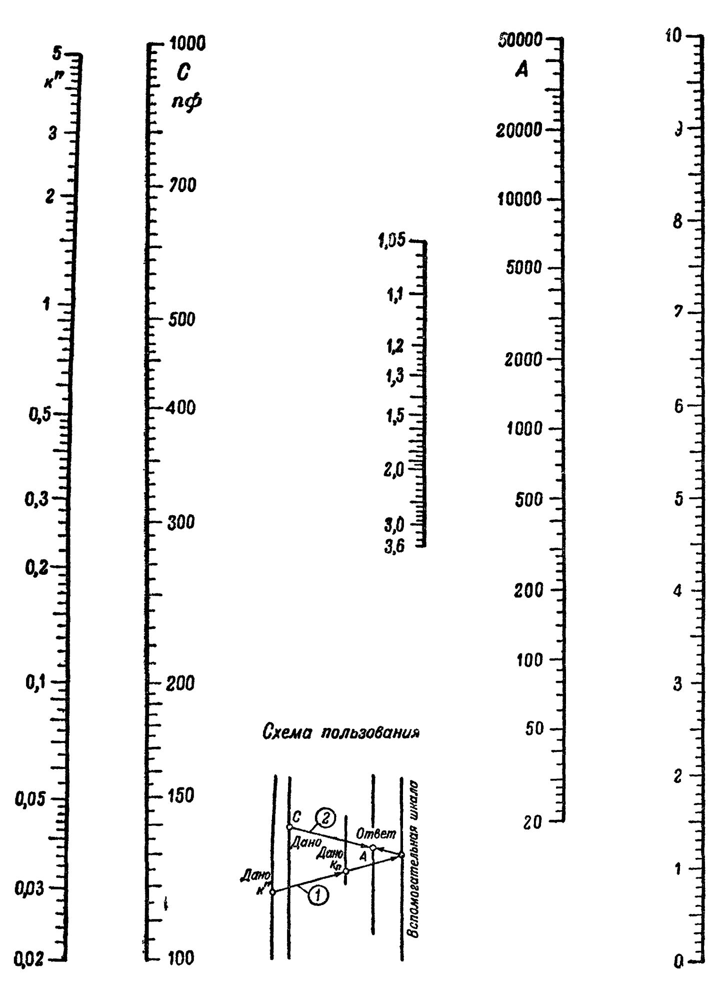


Номограмма 1 для определения вспомогательного коэффициента k'.

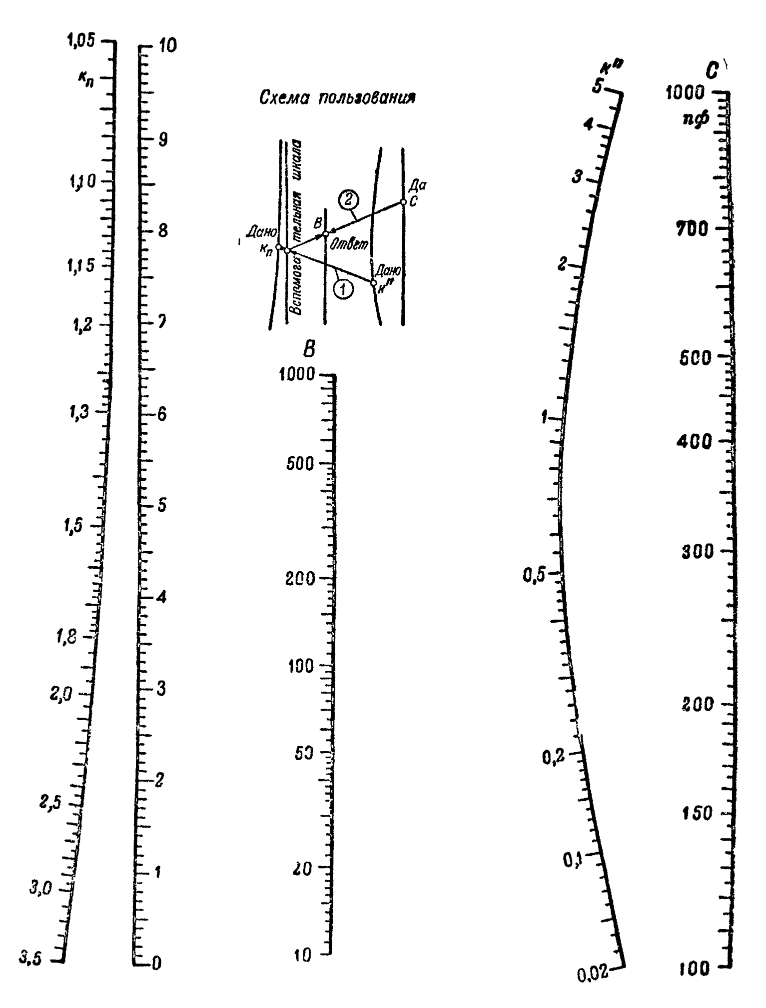


Номограммы 2 для определения максимальной относительной погрешности сопряжения.

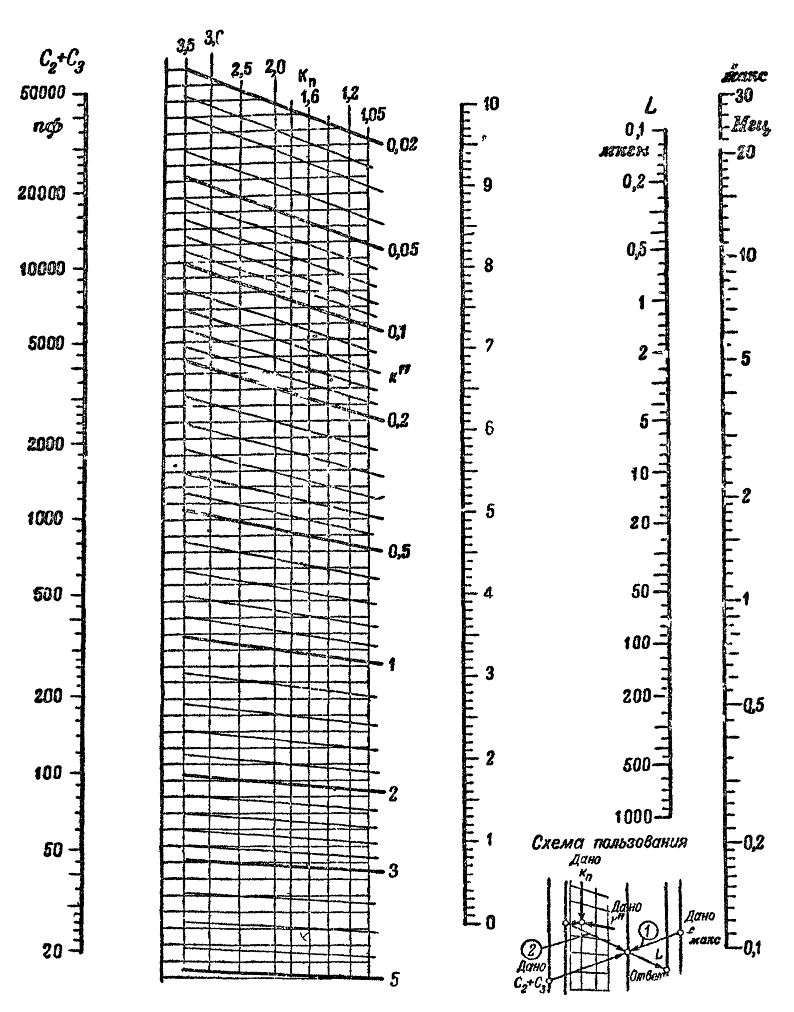
а — для коротковолновых диапазонов с растянутой или полурастянутой шкалой; *б* — для длинноволнового, средневолнового и обзорного коротковолнового диапазонов.



Номограмма 3 для нахождения вспомогательной величины *A*.



Номограмма 4 для нахождения вспомогательной величины *B*.



Номограмма 5 для определения индуктивности катушки L контура гетеродина.

Емкости контура гетеродина определяют по следующим формулам:

при заданной емкости C_1

$$C_2 = A + B - C_1, \text{ а } C_3 = \frac{B - C_1}{A} C_2;$$

при заданной емкости C_3

$$C_2 = \frac{A}{2}\left(1 + \sqrt{1 + 4\frac{C_3}{A}}\right), \text{ а } C_1 = A + B - C_2;$$

при емкости $C_3 = 0$

$$C_2 = A, \quad \text{а} \quad C_1 = B.$$

По номограмме 5 определяют индуктивность катушки L контура гетеродина

Пример расчета. *Дано*: диапазон 150—415 *кгц*=0,15—0,415 *Мгц*; $k_n = 2{,}8$, $f_{пр} = 465$ *кгц* = 0,465 *Мгц*; $C = 500 - 10 = 490$ *пф*.

Определяем:

$$k' \approx 1{,}074; \quad k'' = \frac{0{,}465}{0{,}415} \approx 1{,}12;$$

$$f_1 = 150 \cdot 1{,}074 \approx 161 \text{ кгц}; \; f_2 = \sqrt{415 \cdot 150} \approx 249 \text{ кгц};$$

$$f_3 = \frac{415}{1{,}076} \approx 386 \text{ кгц}; \quad \delta = 0{,}7\%; \quad A \approx 175; \quad B \approx 108.$$

Считаем заданной емкость $C_1 = C_p = C_{мин} + C_м + C_{вх} = 10 + 25 + 10 = 45$ *пф*.

Тогда

$$C_2 = 175 + 108 - 45 = 238 \text{ пф}$$

(практически можно взять конденсатор емкостью 240 *пф* с допуском $\pm 5\%$);

$$C_3 = \frac{108 - 45}{175} 238 \approx 86 \text{ пф}$$

(C_3 следует составить из постоянного конденсатора емкостью 68 *пф* и подстроечного конденсатора емкостью 8—30 *пф*);

$$C_2 + C_3 = 238 + 86 = 324 \text{ пф}; \quad L \approx 280 \text{ мкгн}.$$

При расчете контура гетеродина для диапазона коротких волн с растянутой шкалой емкости C_1 и C_2 выбирают такими же, как и для входного контура, а индуктивность L определяют по формуле, применяемой при расчете входной цепи (см. стр. 122), но вместо $f^2_{макс}$ в нее подставляют частоту

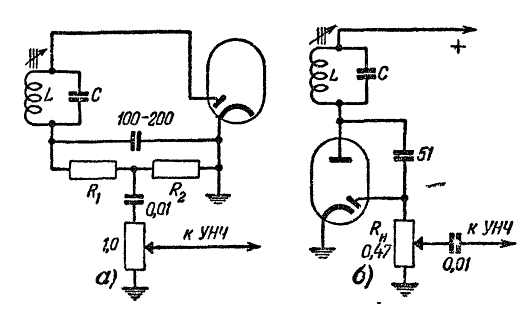
$$f_г^2 = (f_{макс} + f_{пр})^2.$$

Пример расчета. При данных, указанных в примере расчета входной цепи диапазона коротких волн с растянутой шкалой (см. стр. 122), определяем:

$$f^2_г = (10 + 0{,}465)^2 = 109{,}5 \text{ Мгц}; \qquad L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{109{,}5 \cdot 100} = 2{,}31 \text{ мкгн}.$$

5-14. ДЕТЕКТОРЫ СИГНАЛА С АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКИ УСИЛЕНИЯ (АРУ)

Диодные детекторы



Схемы диодных детекторов.
а — последовательная; *б* — параллельная.

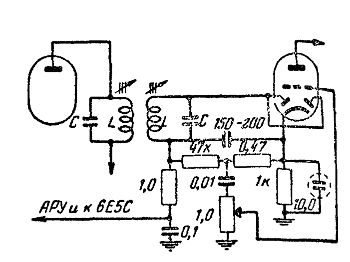


Схема детектора сигнала и АРУ (без задержки) с лампой 6Г7 или 6Г2.

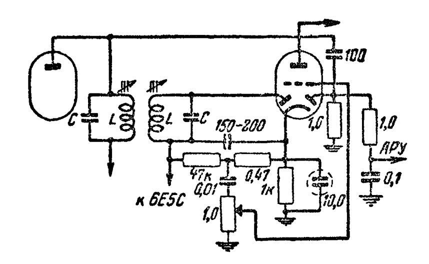


Схема детектора сигнала и АРУ (с задержкой равной напряжению сеточного смещения триодной части лампы) с лампой 6Г7 или 6Г2

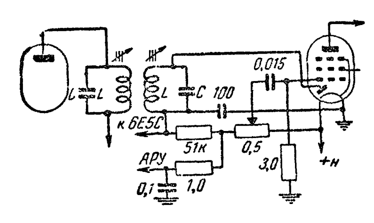


Схема детектора сигнала и АРУ (без задержки) с лампой 1Б1П.

Расчет диодного детектора

Входное сопротивление для последовательной схемы

$$R_{вх} = 0{,}5\,(R_1 + R_2).$$

Входное сопротивление для параллельной схемы

$$R_{вх} = \frac{1}{3} R_н.$$

Коэффициент детектирования

$$K_д = \frac{1}{1 + \dfrac{5R_д}{R_1 + R_2}} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2},$$

где $R_д$ — внутреннее сопротивление диода (обычно около 1 000 *ом*).

Амплитуда звукового напряжения на выходе детектора при 100% модуляции

$$U_{m\,вых} = \sqrt{2}\,K_д U_{вх},$$

где $U_{вх}$ — действующее значение высокочастотного напряжения на входе детектора (для неискаженного детектирования оно должно быть не менее 0,3 *в*).

Пример расчета. *Дано*: $R_1 = 47$ *ком*; $R_2 = 0{,}47$ *Мом*, $U_{вх} = 0{,}6$ *в*.

Определяем:

$$R_{вх} = 0{,}5\,(47 + 470) \approx 250 \text{ ком};$$

$$K_д = \frac{1}{1 + \dfrac{5\cdot 1}{47 + 470}} \cdot \frac{470}{47 + 470} = 0{,}9;$$

$$U_{m\,вых} = \sqrt{2}\cdot 0{,}9\cdot 0{,}6 \approx 0{,}75 \text{ в}.$$

При использовании полупроводникового диода расчет производится так же, но входное сопротивление определяется по формуле

$$R_{вх} = \frac{R_o(R_1 + R_2)}{2R_o + 3(R_1 + R_2)},$$

где R_o — обратное сопротивление диода.

Для равномерной нагрузки контуров последнего фильтра промежуточной частоты детектор АРУ обычно присоединяют к первичному контуру, а детектор сигнала — ко вторичному. При этом детектор АРУ выполняют по параллельной схеме. Для увеличения входного сопротивления нагрузочное сопротивление выбирают порядка 1 *Мом*. Фильтр в цепи АРУ должен иметь постоянную времени порядка 0,1—0,05 *сек*. Увеличение напряжения высокой частоты на входе детектора улучшает работу системы АРУ.

Другие типы детекторов

Катодный детектор обладает высоким входным сопротивлением и почти не шунтирует предшествующего контура, благодаря чему коэффициент усиления и избирательность предшествующего усилительного каскада (или входной цепи, если усилительные каскады отсутствуют) получаются значительно лучшими, чем при диодном детекторе. По остальным показателям он подобен диодному детектору и имеет коэффициент детектирования немного меньше единицы.

При малой емкости конденсатора в цепи катода лампы или большой распределенной емкости между анодом и катодом детектор может возбуждаться. Иногда это используют для построения регенеративного каскада. Обратную связь в этом случае регулируют изменением емкости в цепи катода или между анодом и катодом лампы.

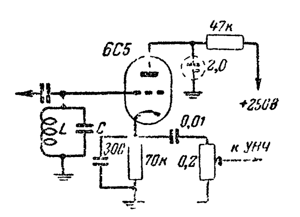


Схема катодного детектора с лампой 6С5.

Сеточный детектор обладает высокой чувствительностью, но дает заметные искажения. Обычно применяется в схемах с обратной связью.

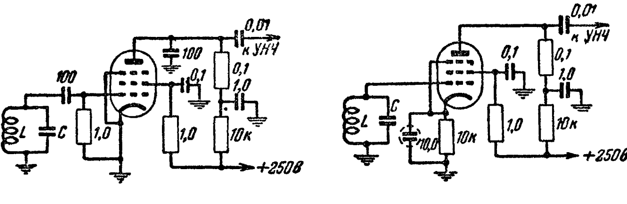
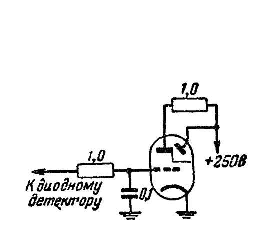


Схема сеточного детектора с лампой 6Ж7.

Схема анодного детектора с лампой 6Ж7.

Анодный детектор подобно катодному детектору слабо нагружает предшествующий контур, но обладает малой чувствительностью и дает сильные искажения. Лампа должна иметь резкий перегиб сеточной характеристики анодного тока (пентоды типа Ж).

5-15. ИНДИКАТОРЫ НАСТРОЙКИ



Обычная схема индикатора настройки с лампой 6Е5С.

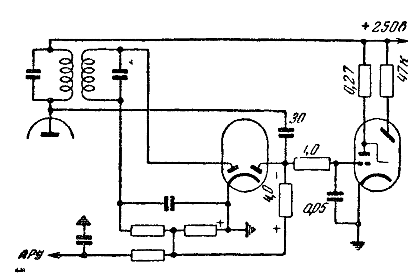


Схема индикатора настройки повышенной чувствительности с лампой 6Е5С.

5-16. СХЕМЫ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

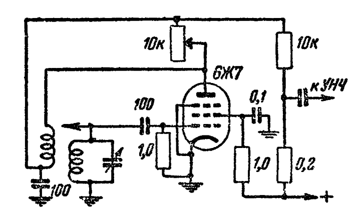


Схема регенеративного сеточного детектора с регулировкой обратной связи переменным сопротивлением, шунтирующим катушку обратной связи.

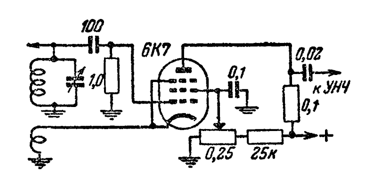


Схема регенеративного сеточного детектора с регулировкой обратной связи переменным сопротивлением, изменяющим напряжение на экранирующей сетке лампы.

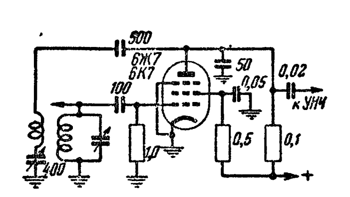


Схема регенеративного сеточного детектора с регулировкой обратной связи конденсатором переменной емкости.

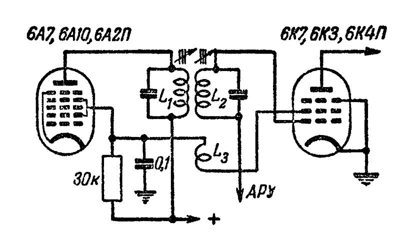


Схема каскада промежуточной частоты с постоянной обратной связью.

5-17. ПРИЕМНИКИ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Скелетные схемы приемников ЧМ (частотной модуляции) не отличаются от таких же схем приемников АМ (амплитудной модуляции). Особенности приемников ЧМ состоят в том, что они работают в диапазоне УКВ (64,5—73 *Мгц*), имеют полосу пропускания до детектора порядка 200 *кгц* и содержат частотный детектор.

Так как передатчики ЧМ подчеркивают верхние звуковые частоты, то в низкочастотном тракте приемника ЧМ необходимо уменьшать усиление этих частот (обычно это обеспечивается неравномерностью частотной характеристики громкоговорителя).

Чувствительность приемника ЧМ в диапазоне метровых волн ограничивается главным образом уровнем собственных шумов во входной цепи и первых каскадах приемника Для уменьшения собственных шумов перед преобразователем частоты чаще всего используют один триодный каскад усиления радиочастоты, выполненный по схеме с заземленной промежуточной точкой входного контура. При этом чувствительность приемника может быть порядка единиц микровольт. Для упрощения конструкции входную цепь обычно выполняют с постоянной настройкой на среднюю частоту диапазона.

Преобразователь частоты собирают по гетеродинной схеме с триодом, причем устранение нежелательной связи контура гетеродина с контуром усилителя радиочастоты достигается благодаря применению сбалансированной мостовой схемы. Другая мостовая схема используется для устранения нежелательной обратной связи по промежуточной частоте через междуэлектродную емкость.

Промежуточная частота для приемников ЧМ принята равной 8,4 *Мгц*.

Для получения высокой помехоустойчивости детектор приемника не должен реагировать на вредную амплитудную модуляцию принимаемых сигналов, что достигается либо использованием последнего каскада промежуточной частоты в режиме ограничения амплитуды, либо применением детектора отношений с самоограничением. В первом случае на вход ограничителя необходимо подавать повышенное напряжение сигнала (2—3 *в*). Во втором случае устраняется влияние только быстрых изменений амплитуды принимаемого сигнала, тогда как медленные изменения влияют на громкость приема, поэтому при использовании детектора отношений полезно вводить в приемник

систему АРУ. На входе детектора отношений напряжение сигнала должно составлять 0,1—0,05 *в*.

В связи с повышенной помехоустойчивостью приемников частотной модуляции требования к ослаблению приема помех в высокочастотном тракте могут быть менее строгими, чем в приемниках амплитудной модуляции. Так, ослабление приема по соседнему каналу, т. е. при расстройке ± 250—300 *кгц*, должно составлять 26—30 *дб*, а ослабление приема по зеркальному каналу — 20—30 *дб*.

Надо иметь в виду, что ослабление приема по соседнему каналу создается не только вследствие избирательных свойств усилителя промежуточной частоты, но также вследствие расстройки контуров частотного детектора. Поэтому при расчете усилителя промежуточной частоты можно допускать, чтобы даваемое им ослабление приема по соседнему каналу было на 6—10 *дб* меньше указанного выше для всего высокочастотного тракта.

Неравномерность усиления в пределах полосы пропускания для тракта промежуточной частоты должна быть не более 3 *дб*, причем эта неравномерность влияет на величину нелинейных (а не частотных) искажений принимаемого сигнала. При фиксированной настройке входной цепи неравномерность коэффициента передачи ее напряжения должна быть не более 3 *дб* в пределах диапазона 64,5—73 *Мгц*.

В остальном расчеты скелетной схемы производятся на основании тех же соображений, какие указаны для приемников амплитудной модуляции.

5-18. КОМБИНИРОВАННЫЕ ПРИЕМНИКИ АМПЛИТУДНОЙ И ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

В комбинированных приемниках амплитудной и частотной модуляции объединяются источник питания и усилитель низкой частоты. Детекторный каскад выполяется так, что путем простых переключений он может служить детектором либо амплитудной, либо частотной модуляции. Для усиления промежуточных частот сигналов с амплитудной и частотной модуляцией используются одни и те же лампы, причем фильтры разных промежуточных частот включаются последовательно в анодные и сеточные цепи ламп. Благодаря резкому различию их настроек при работе с той или иной промежуточной частотой резонирует лишь соответствующий фильтр, тогда как другой оказывается сильно расстроенным и практически не влияет на работу схемы. Входная цепь, усилитель радиочастоты и преобразователь частоты для приема сигналов УКВ диапазона с частотной модуляцией выполняются в виде отдельного блока, что упрощает конструкцию и повышает надежность работы приемника.

При приеме сигналов с частотной модуляцией усилитель промежуточной частоты обычно должен иметь на один каскад больше, чем при приеме сигналов с амплитудной модуляцией. Это требует либо добавления специальной лампы, либо использования лампы преобразователя частоты длинных, средних и коротких волн в качестве дополнительной лампы для усиления промежуточной частоты при приеме сигналов с частотной модуляцией.

5-19. УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ В ПРИЕМНИКАХ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Схемы и порядок расчета фильтров и каскадов усиления промежуточной частоты для приема сигналов ЧМ в общем те же, что и для приема сигналов АМ, однако при их расчете вместо верхней граничной частоты модуляции $F_в$ следует использовать полуширину спектра сигнала ЧМ (которая при девиации ± 75 *кгц* составляет 90—100 *кгц*), прибавляя к ней запас на нестабильность гетеродина порядка 15—25 *кгц*. При этом соответствующее ослабление приема должно составлять $\sigma_2 = 3$ *дб*. Расстройку, соответствующую соседнему каналу, вместо 10 *кгц* следует принимать равной 250 *кгц*. Емкости контуров выбирают порядка 20—50 *пф*. Промежуточная частота принимается равной 8,4 *Мгц*.

В комбинированных приемниках АМ и ЧМ контуры фильтров различных промежуточных частот включают в анодные и сеточные цепи ламп последовательно; при наличии той или иной промежуточной частоты резонируют только соответствующие контуры, тогда как контуры другой промежуточной частоты оказываются сильно расстроенными и не влияют на работу схемы. Для устранения опасности самовозбуждения в диапазоне коротких волн замыкают первый контур, настроенный на неиспользуемую промежуточную частоту.

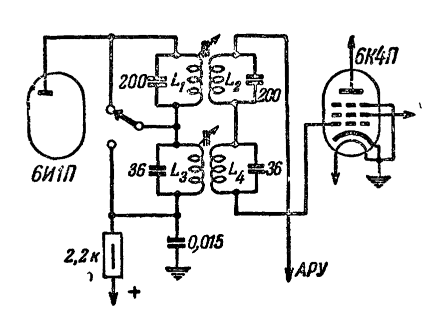


Схема каскада промежуточной частоты комбинированного АМ и ЧМ приемника.

Пример расчета фильтров промежуточной частоты. *Дано*: $m = 2$; $F_в = 110$ *кгц*; $f_{пр} = 8{,}4$ *Мгц* $= 8\,400$ *кгц*; $\sigma_2 = 3$ *дб*; $Q = 100$.

Определяем:

$$\sigma_1 = \frac{3}{2} = 1{,}5 \text{ дб}; \ \beta = 1; \alpha_1 = 1; \quad Q_p = \frac{1 \cdot 8\,400}{2 \cdot 110} = 38; \ Q_p < Q_к; \ Q = 38;$$

$$\alpha_2 = \frac{2 \cdot 250}{8\,400} 38 = 2{,}25; \ \sigma_2 = 9 \text{ дб}.$$

Общее ослабление приема соседней станции, создаваемое двумя полосовыми фильтрами, составляет $2 \cdot 9 = 18$ *дб*. Принимаем $C = 50$ *пф* Считая, что входная и выходная емкости ламп в сумме с распределенными емкостями приблизительно составляют 14 *пф*, используем в контурах конденсаторы по 36 *пф*. Тогда

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{8\,400^2 \cdot 50} = 7{,}1 \text{ мкгн}; \ R_ш = \frac{6{,}28 \cdot 8\,400 \cdot 7{,}1}{\frac{1}{38} - \frac{1}{100}} 10^{-6} \approx 23 \approx 23 \text{ ком}.$$

Первый контур шунтируется небольшим внутренним сопротивлением триодного преобразователя частоты, поэтому ставить сопротивление $R_ш$ в нем не требуется.

$$M = kL = \frac{\beta L}{Q} = \frac{1 \cdot 7,1}{38} = 0,19 \text{ мкгн}.$$

Пример расчета усилителя промежуточный частоты. *Дано* $f_{пр} = 8\,400$ *кгц*; $L = 7,1$ *мкгн*; $Q = 38$; $\beta = 1$ (из расчета полосового фильтра). Лампа 6К4П имеет параметры: $S = 4,4$ *ма/в*; $R_i = 1,5$ *Мом* $= 1\,500$ *ком*; $C_{пр} = 0,003$ *пф*.

Определяем:

$$K_y = 200\sqrt{\frac{4,4}{8\,400 \cdot 0,003}} \approx 80;$$

$$R_к = 6,28 \cdot 38 \cdot 7,1 \cdot 8\,400 \cdot 10^{-6} \approx 15 \text{ ком};$$

$$n_1 = \frac{80}{4,4 \cdot 15} > 1; \; n_2 = 0,5\sqrt{\frac{1\,500}{15}} > 1; \; n = 1.$$

Усиление каскада

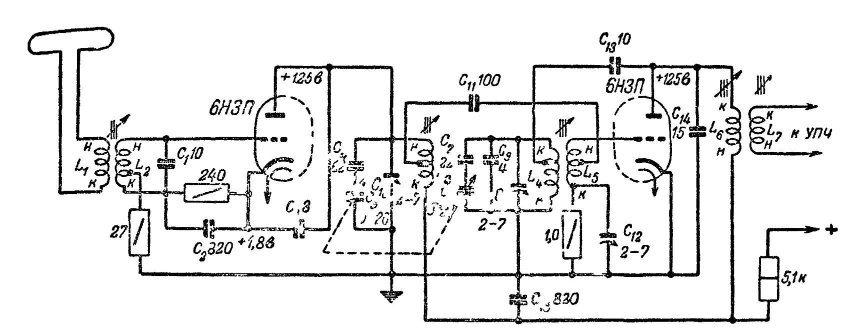
$$K_{п.ч} = \frac{1}{1 + 1^2} 4,4 \cdot 15 = 33.$$

5-20. ВХОДНОЙ БЛОК УКВ ДИАПАЗОНА

Входная цепь, усилитель радиочастоты и преобразователь частоты для УКВ диапазона обычно выполняются в виде отдельного блока, элементы которого не используются при работе в других диапазонах. Это вызывается тем, что лампы и конденсаторы настройки, применяемые в диапазонах длинных, средних и коротких волн, не отвечают требованиям работы в УКВ диапазоне, а многочисленные диапазонные переключения элементов схем усложняют конструкцию приемника и ухудшают его работу вследствие значительных паразитных емкостей.

В блоке УКВ, собранном по типовой схеме, антенна УКВ диапазона в виде полуволнового одиночного или петлевого вибратора соединяется со входом приемника посредством согласованного с антенной фидерного кабеля. Выход фидера согласуется со входом приемника посредством трансформатора, образуемого катушками L_1 и L_2. Контур входной цепи C_1L_2 имеет постоянную настройку на среднюю частоту диапазона. Полоса пропускания входной цепи равна ширине диапазона, так что неравномерность передачи напряжения при приеме на разных частотах диапазона не превышает 3 *дб*.

С целью получения минимального уровня собственных шумов используется каскад усиления радиочастоты с триодом (левая половина лампы 6Н3П). Для компенсации вредной обратной связи через емкость $C_{с\text{-}а}$ (между сеткой и анодом триода) используется схема с заземленной промежуточной точкой входного контура; в этой схеме верхняя и нижняя части катушки L_2, конденсатор C_3, выходная емкость триода $C_{вых}$ и емкость $C_{с\text{-}а}$ образуют сбалансированный мост.



Типовая схема входного блока для диапазона УКВ

L_1 — 0,15 *мкгн*; L_2 — 0,34 *мкгн* (отвод от $^2/_3$ обмотки), L_3 — 0,15 *мкгн* (отвод от $^1/_4$ обмотки), L_4 — 0,2 *мкгн*, L_5 — 0,5 *мкгн* (намотка в два провода), L_6 и L_7 — по 15 *мкгн*.

При этом входной и выходной контуры усилителя радиочастоты включены в разные диагонали этого моста.

Второй (правый) триод лампы 6Н3П служит одновременно гетеродином и смесителем преобразователя частоты. Конденсаторы C_7, C_8, C_9 и C_{10} и катушка L_4 образуют контур гетеродина. Обратная связь гетеродина создается катушкой L_5, индуктивно связанной с катушкой L_4. Радиосигнал с выхода усилителя подается на вход преобразователя частоты через конденсатор C_{11}.

Для устранения нежелательной связи выходного контура усилителя радиочастоты $C_4C_5C_6L_3$ с контуром гетеродина служит сбалансированная мостовая схема, образуемая двумя плечами катушки L_5, конденсатором C_{12} и входной емкостью преобразовательного триода. При этом напряжение радиосигнала, возникающее на выходном контуре усилителя радиочастоты, и напряжение гетеродина, возникающее на катушке L_5, действуют на разных диагоналях этого моста.

Для компенсации отрицательной обратной связи по промежуточной частоте через емкость $C_{c\text{-}a}$ преобразовательной лампы используется сбалансированный мост, образуемый конденсатором C_{14}, выходной емкостью преобразовательного триода $C_{вых}$, конденсаторами C_{15} и C_{11} и емкость $C_{c\text{-}a}$. Незначительный разбаланс этого моста приводит к перекомпенсации отрицательной обратной связи, т. е к созданию положительной обратной связи по промежуточной частоте, которая несколько увеличивает усиление.

Расчет входного блока

Коэффициент усиления преобразовательного каскада при компенсации обратной связи по промежуточной частоте

$$K_{п.ч} = 0{,}25SR_к \frac{\beta}{1+\beta^2},$$

где S — крутизна преобразовательного триода, соответствующая режиму усиления, *ма/в*,

$R_к$ — эквивалентное резонансное сопротивление контура промежуточной частоты, *ком*

β — обобщенный коэффициент связи контуров промежуточной частоты

Условие компенсации обратной связи по промежуточной частоте

$$\frac{C_{14}+C_{вых}}{C_{15}}=\frac{C_{с\,а}}{C_{11}}.$$

Перекомпенсация достигается уменьшением емкости конденсатора C_{15} по сравнению с емкостью, определяемой условием компенсации

Элементы контура усилителя радиочастоты и гетеродина рассчитываются по формулам для расчета контуров в поддиапазонах с растянутыми шкалами Катушка обратной связи гетеродина L_5 и ее связь с контуром, а также сопротивление (1 0) подбираются экспериментально для получения надежной генерации

Максимальное усиление усилителя радиочастоты, достигаемое при согласовании его с нагрузкой,

$$K_{у\,р\,ч\,макс}\approx\frac{1}{2}S\sqrt{R_i R_{вх\,п\,ч}},$$

где S — крутизна триода усилителя, *ма/в*,

R_i — его внутреннее сопротивление, *ком*

$R_{вх\,п\,ч}=k/f_{ср}^2$ — входное сопротивление триодного преобразователя частоты, *ком*

$f_{ср}$ — средняя частота принимаемого диапазона, *Мгц*,

k — табличный коэффициент, служащий для определения входного сопротивления преобразовательного триода *ком Мгц*^{2} (для 6Н3П $к=30\,000$)

Затухание контура усилителя радиочастоты с учетом шунтирующего влияния ламп в режиме согласования (на средней частоте диапазона)

$$d=2\left(d_к+\frac{10^3}{6{,}28f_{ср}CR_i}\right),$$

где $d_к\approx 0{,}01$ — собственное затухание контура,

$C=C_6+\frac{C_4C_5}{C_4+C_5}+C_р$ — полная емкость контура на средней частоте диапазона, *пф*,

R_i — внутреннее сопротивление триода усилителя радиочастоты, *ком*

Согласование достигается, если коэффициент трансформации напряжения от анода лампы усилителя до сетки лампы преобразователя

$$m_c=\sqrt{\frac{R_{вх\,п\,ч}}{R_i}}.$$

Практически это значение коэффициента трансформации обеспечивается подбором такого положения отвода от катушки L_3 при котором усиление высокочастотного блока получается максимальным.

При желании уменьшить результирующее затухание, т. е. улучшить избирательность за счет проигрыша в усилении, необходимо уменьшить коэффициент трансформации m по сравнению с его значением m_c при согласовании, для чего следует опускать отвод к нижнему концу катушки L_3. При этом изменения результирующего затухания и усиления связаны соотношениями:

$$K_{у.р.ч} = K_{у.р.ч.макс} \frac{2a}{1+a^2};$$

$$d = \left(d_к + \frac{10^3}{6{,}28 f_{cp} C R_i}\right)(1+a^2),$$

где

$$a = \frac{m}{m_c} < 1.$$

Расчет ослабления приема на зеркальной частоте и частоте, равной промежуточной, производится так же, как и для радиочастотных усилителей на длинных, средних и коротких волнах.

Для получения устойчивой генерации емкость конденсатора C_{12} выбирается порядка 2—7 *пф*. Баланс моста, устраняющий связь контуров усилителя радиочастоты и гетеродина, обеспечивается выбором положения отвода на катушке L_5 (грубо) и регулируется емкостью C_{12} (точно). Признаком баланса является отсутствие переменного напряжения на аноде лампы усилителя радиочастоты при генерирующем гетеродине.

Компенсация обратной связи в усилителе радиочастоты достигается таким подбором положения отвода на катушке L_2, при котором переменное напряжение, поданное на землю и анод лампы усилителя радиочастоты от сигнал-генератора, не вызывает напряжения на концах катушки L_2. Приблизительно отвод должен делить катушку в отношении, равном:

$$p = \frac{C_{c\text{-}a}}{C_3 + C_{вых}}$$

Целесообразно выбирать конденсатор C_3 такой величины, чтобы

$$p \approx 0{,}25 \div 0{,}3.$$

Затухание входной цепи, необходимое для того, чтобы принимаемый диапазон укладывался в ее полосу пропускания,

$$d = \frac{f_{макс} - f_{мин}}{f_{cp}},$$

где $f_{макс}$, $f_{мин}$ и f_{cp} — крайние и средняя частоты диапазона.

Затухание контура, нагруженного входом лампы (в режиме согласования),

$$d' = \frac{1}{2} d.$$

Для получения такого затухания полная емкость (в пикофарадах) входного контура $C = C_1 + C_{вх} + C_p$ должна быть равна

$$C = \frac{10^3}{(d' - d_к)\,6{,}28 f_{cp} R_{вх}},$$

где f_{cp} — средняя частота диапазона, *Мгц*;

$d_к \approx 0{,}01$ — собственное затухание контура;

$R_{вх}$ — входное сопротивление усилителя радиочастоты, *ком*:

$$R_{вх} = \frac{1}{\frac{f^2_{cp}}{к} + pS},$$

где k — табличный коэффициент, *ком·Мгц*²;

S — крутизна усилительного триода, *ма/в*.

Емкость контурного конденсатора

$$C_1 = C - C_{вх} - C_p,$$

где $C_{вх}$ — входная емкость усилительного триода, *пф*;

$C_p = 3 \div 5$ *пф* — распределенная емкость катушки и монтажа.

Индуктивность (в микрогенри) контурной катушки

$$L_2 = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f^2_{cp} C}.$$

Индуктивность (в микрогенри) катушки связи

$$L_1 = \frac{W}{6{,}28 f_{cp}},$$

где W — волновое сопротивление антенного фидера, выбираемое из условия согласования его с антенной (для простого вибратора $W = 75$ *ом*, а для петлевого $W = 300$ *ом*).

Коэффициент связи катушек L_1 и L_2

$$k_c = \sqrt{d},$$

а соответствующая взаимоиндуктивность (в микрогенри)

$$M = k_c \sqrt{L_1 L_2}.$$

Коэффициент передачи напряжения входной цепи на частоте f_{cp}

$$K_{в.ц} = \frac{1}{\sqrt{W\left(6{,}28 f_{cp} d_к C 10^{-6} + \frac{10^{-3}}{R_{вх}}\right)}}.$$

Общий коэффициент усиления высокочастотного блока

$$K_{в.ч.б} = K_{в.ц} K_{у.р.ч.} K_{п.ч}.$$

Общий коэффициент усиления до входа ведущей лампы детектора отношений или лампы ограничителя амплитуды

$$K = K_{в.ч.б} K_{у.п.ч}.$$

Коэффициент шума входного блока достигает минимума, равного

$$Ш_{мин} \approx 1 + 2\sqrt{5\frac{R_ш}{k} f_{cp}^2},$$

где $R_ш$ — шумовое сопротивление (в килоомах) триода усилителя радиочастоты (для 6Н3П $R_ш = 0{,}5$ *ком*), при оптимальном значении

$$p_{опт} \approx \frac{2}{S}\sqrt{\frac{f_{cp}^2}{k}\left(2S + \frac{f_{cp}^2}{k}\right)}.$$

Электродвижущая сила (в микровольтах) собственных шумов в цепи антенны

$$E_ш = 4 \cdot 10^{-3}\sqrt{WШП},$$

где $П = 2(100 \div 125) = 200 \div 250$ *кгц* — ширина полосы пропускания усилителя промежуточной частоты.

При пятикратном превышении сигнала над шумом э. д. с. минимального сигнала в цепи антенны $E_c = 5E_ш$. Напряжение минимального сигнала на входе ведущей лампы детектора равно E_cK. Эта величина должна составлять 0,05 — 0,1 *в* в случае детектора отношений и 1 — 3 *в* — в случае детектора с ограничителем амплитуды. Если напряжение сигнала получается меньшим, то необходимо добавить каскад усиления промежуточной частоты.

Входной блок с индуктивной настройкой

Этот вариант схемы входного блока УКВ диапазона построен на основе принципов типовой схемы, но отличается использованием индуктивной настройки контуров вместо емкостной Такая система

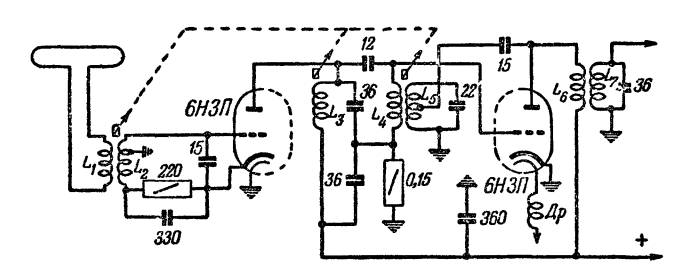


Схема входного блока для диапазона УКВ с индуктивной настройкой.

позволяет настраивать на частоту принимаемого сигнала не только контуры гетеродина и усилителя радиочастоты, но также контур входной цепи, благодаря чему его затухание можно делать меньшим, полосу пропускания — более узкой, а коэффициент передачи напряжения — более высоким.

5-21. ДЕТЕКТОРЫ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИИ

В приемниках ЧМ наибольшее применение находит детектор отношений (дробный детектор), который, кроме детектирования частотно-модулированного сигнала производит еще эффективное подавление амплитудной модуляции (происходящей со звуковыми частотами) при работе предыдущей лампы в усилительном режиме и напряжении сигнала на ее управляющей сетке 0,05 — 0,1 *в*.

Схема симметричного детектора отношений.

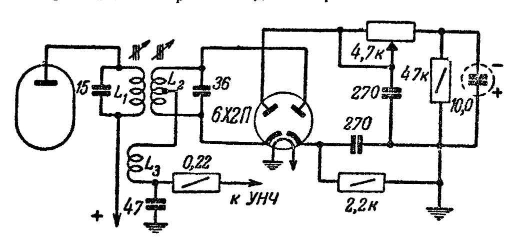


Схема несимметричного детектора отношений.

При использовании детектора отношений громкость приема пропорциональна средней амплитуде принимаемого сигнала, вследствие чего приемники с такими детекторами часто имеют систему АРУ

Схемы детекторов отношений подразделяются на симметричные (относительно земли) и несимметричные. Первые проще в налаживании, но требуют дополнительных деталей и развивают вдвое меньшее напряжение АРУ.

Для нормальной работы детектора важно, чтобы половины обмотки катушки L_2 были электрически симметричны. Поэтому они наматываются двумя сложенными вместе проводами.

При налаживании симметричной схемы на вход подают напряжение промежуточной частоты и высокоомным вольтметром измеряют напряжение на сопротивлении R_3. Контуры настраивают до получения максимума напряжения. Затем включают вольтметр между точками *а* и *б* и подстраивают вторичный контур до получения нулевого напряжения. После этого изменяют частоту сигнала в обе стороны и снимают зависимость напряжения между точками *а* и *б* от расстройки. Эта зависимость должна быть линейной в пределах $\pm$ 75 — 100 *кгц*. Ее нелинейность (и симметричность) устраняется регулировкой сопротивлений R_1 и R_2.

При налаживании несимметричной схемы параллельно сопротивлению (47*к*) присоединяют временный делитель из двух равных сопротивлений по 50 — 100 *ком*, после чего производят регулировку, как и в случае симметричной схемы

В этих схемах часто применяют полупроводниковые диоды.

Расчет детектора отношений (симметричного)

Емкости контуров $C_к$ выбирают порядка 15 — 50 *пф* (с учетом выходной емкости предыдущей лампы и входной емкости диодов).

Исходя из условия настройки контуров на промежуточную частоту $f_{пр}$ (в килогерцах), определяют индуктивности L_1 и L_2 (в микрогенри).

$$L = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f_{пр}^2 C_к}.$$

Характеристики первичного и вторичного контуров (в килоомах) определяют по формуле

$$\rho = 6{,}28\, L f_{пр}\, 10^{-6}.$$

Усредненное затухание контуров

$$d = 4\,\frac{\Delta f}{f_{пр}},$$

где Δf — наибольшая расстройка, соответствующая границе линейного участка детекторной характеристики, равная максимальной девиации частоты (75 *кгц*) плюс запас на нестабильность (15 — 25 *кгц*)

Затухания первичного и вторичного контуров в нагруженном состоянии:

$$d_1 = 0{,}8d;\ d_2 = 1{,}25d.$$

Сопротивление нагрузки детектора (в килоомах)

$$R = R_1 + R_3 = R_2 + R_4 = \frac{8}{3}\,\frac{\rho^2}{d_2}.$$

Индуктивность катушки (в микрогенри)

$$L_3 = \frac{L_1}{10\, k_{1\text{-}3}^2},$$

где $k_{1\text{-}3} = 0{,}7 - 0{,}8$ — коэффициент связи катушек L_1 и L_3.

Коэффициент связи катушек L_1 и L_2

$$k_{1\text{-}2} = \frac{1}{2}\, d.$$

Амплитуда выходного напряжения (в вольтах) при наибольшей девиации частоты, равной 75 *кгц*,

$$U_{m\,вых} \approx 0{,}075\,\frac{75}{\Delta f d}\, S \rho_1 U_{вх},$$

где S — крутизна предыдущей лампы, *ма/в*;

$U_{вх}$ — напряжение на входе предыдущей лампы, известное из расчета высокочастотного тракта.

Емкость для подавления АМ (в микрофарадах)

$$C \geqslant \frac{200}{R_3 + R_4}.$$

Несимметричная схема рассчитывается в том же порядке, но сопротивление нагрузки берется равным $2R$.

Пример расчета. *Дано*: $f_{пр}=8,4$ *Мгц*$=8\,400$ *кгц*; $S=4,5$ *ма/в*; $\Delta f=100$ *кгц*.

Выбираем емкость первичного контура 20 *пф* и вторичного—30 *пф*. *Определяем*:

$$L_1=\frac{2,53\cdot10^{10}}{8\,400^2\cdot20}=18 \text{ мкгн}; \quad L_2=\frac{2,53\cdot10^{10}}{8\,400^2\;30}=12 \text{ мкгн};$$

$$\rho_1=6,28\cdot18\cdot8\,400\cdot10^{-6}\approx1 \text{ ком}; \qquad \rho_2=6,28\cdot12\cdot8\,400\cdot10^{-6}=0,63 \text{ ком};$$

$$d=4\,\frac{100}{8\,400}=0,048; \; d_1=0,8\cdot0,048=0,037; \; d_2=1,25\cdot0,048=0,06;$$

$$R=R_1+R_3=R_2+R_4=\frac{8}{3}\,\frac{0,63}{0,06}=28 \text{ ком}.$$

Для симметрирования схемы принимаем $R_1=R_2=3,3$ *ком*. Тогда

$$R_3=R_4=28-3,3\approx25 \text{ ком}; \quad L_3=\frac{18}{10\cdot0,7^2}=3,6 \text{ мкгн};$$

$$k_{1\text{-}2}=\frac{1}{2}\,0,048=2,4\%; \quad U_{m\,вых}\approx0,075\,\frac{75}{100}\,4,5\cdot1\,\frac{1}{0,048}\,U_{вх}\approx5U_{вх};$$

$$C\geqslant\frac{200}{25+25}=4 \text{ мкф}.$$

Комбинированный детектор ЧМ и АМ

Схема комбинированного детектора в зависимости от положения переключателя может действовать либо как детектор отношений для

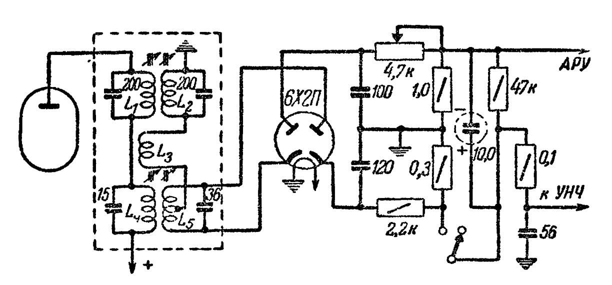


Схема комбинированного детектора ЧМ и АМ.
Положение переключателя соответствует детектированию АМ сигнала.

ЧМ сигнала, поступающего с выхода нижнего (на схеме) полосового фильтра, либо как детектор АМ сигнала, поступающего с выхода верхнего полосового фильтра.

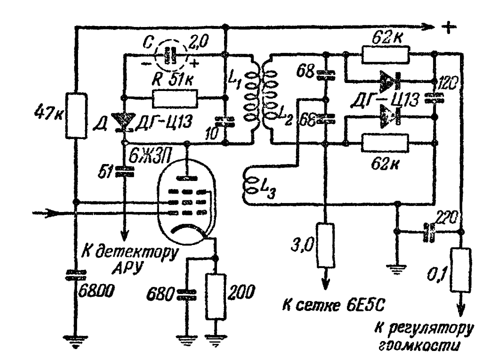
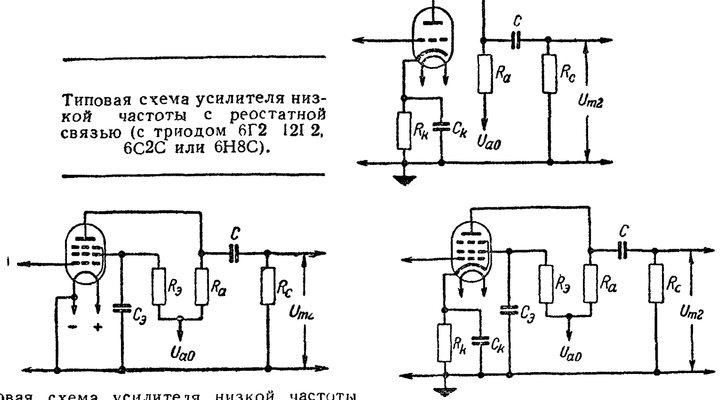


Схема частотного детектора с ограничителем (DRC), подавляющим паразитную АМ модуляцию при напряжении сигнала на входе 0,1 — 0,2 *в*.

5-22. УСИЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С РЕОСТАТНОЙ СВЯЗЬЮ

В приводимых ниже таблицах указаны величины сопротивлений и емкостей, составляющих схему усилителя низкой частоты с реостатной связью при использовании ламп типов 6Г2, 12Г2, 6Б3С, 6Н8С, 6С2С, 1Б1П, 6Ж8 и 12Ж8, для различных величин напряжении U_{a0} источника анодного питания.



Типовая схема усилителя низкой частоты с реостатной связью (с триодом 6Г2 12Г2, 6С2С или 6Н8С).

Типовая схема усилителя низкой частоты с реостатной связью (с пентодом 1Б1П)

Типовая схема усилителя низкой частоты с реостатной связью (с пентодом 6Ж8, 12Ж8С или 6Б8С).

Двойные диод-триоды 6Г2 и 12Г2

U_{a_0}, в	R_a, Мом	R_c, Мом	$R_к$, ком	$C_к$, мкф	C, мкф	U_{m_2}, в	K
180	0,1	0,1	2,6	3,3	0,025	16	20
		0,25	2,9	2,9	0,015	22	35
		0,5	3	2,7	0,007	23	37
	0,25	0,25	4,3	2,1	0,015	21	43
		0,5	4,8	1,8	0,007	28	50
		1	5,3	1,5	0,004	33	53
	0,5	0,5	7	1,3	0,007	25	52
		1	8	1,1	0,004	33	57
		2	8,8	0,9	0,002	38	58
300	0,1	0,1	1,9	4	0,03	31	31
		0,25	2,2	3,5	0,015	41	39
		0,5	2,3	3	0,007	45	42
	0,25	0,25	3,3	2,7	0,015	42	48
		0,5	3,9	2	0,007	51	53
		1	4,2	1,8	0,004	60	56
	0,5	0,5	5,3	1,6	0,007	47	56
		1	6,1	1,3	0,004	52	6[illegible]
		2	7	1,2	0,002	67	63

Триод 6С2С и двойной триод 6Н8С

U_{a_0}, в	R_a, Мом	R_c, Мом	$R_к$, ком	$C_к$, мкф	C, мкф	U_{m_2}, в	K
180	0,05	0,05	1,19	3,27	0,06	24	13
		0,1	1,40	2,86	0,032	30	13
		0,25	1,74	2,06	0,0115	36	13
	0,1	0,1	2,33	2,19	0,038	26	14
		0,25	2,83	1,35	0,012	34	14
		0,5	3,23	1,15	0,006	38	14
	0,25	0,25	5,56	0,81	0,013	28	14
		0,5	7	0,62	0,007	36	14
		1	8,11	0,5	0,004	40	14
300	0,05	0,05	1,02	3,56	0,06	41	13
		0,1	1,27	2,9[illegible]	0,034	51	14
		0,25	1,5	2,15	0,012	60	14
	0,1	0,1	1,9	2,31	0,035	43	14
		0,25	2,44	1,42	0,0125	56	14
		0,5	2,7	1,2	0,0065	61	14
	0,25	0,25	4,59	0,87	0,013	46	14
		0,5	5,7[illegible]	0,61	0,0075	57	14
		1	6,95	0,54	0,004	64	14

Диод-пентод 1Б1П

U_{a_0}, в	R_a, Мом	R_c, Мом	$R_э$, Мом	$C_э$, мкф	C мкф	U_{m_2}, в	K
5	0,22	0,22	0,26	0,042	0,013	14	17
		0,47	0,36	0,035	0,006	17	24
		1	0,4	0,031	0,004	18	2[illegible]
	0,47	0,47	0,82	0,025	0,0055	14	25
		1	1	0,023	0,003	17	33
		2,2	1,1	0,022	0,002	18	3[illegible]
	1	1	1,9	0,019	0,003	14	31
		2,2	2	0,015	0,002	17	38
		3,3	2,2	0,018	0,0015	18	43
90	0,22	0,22	0,5	0,05	0,011	31	25
		0,47	0,59	0,05	0,006	37	34
		1	0,67	0,042	0,003	40	41
	0,47	0,47	1,2	0,035	0,005	31	37
		1	1,4	0,031	0,005	36	47
		2,2	1,6	0,031	0,002	40	57
	1	1	2,5	0,026	0,003	31	45
		2,2	2,9	0,025	0,002	36	58
		3,3	3,1	0,024	0,0012	38	66

Пентоды 6Ж8 и 12Ж8

U_{a_0}, в	R_a, Мом	R_c Мом	$R_э$, Мом	$R_к$ ком	$C_э$, мкф	$C_к$, мкф	C, мкф	U_{m_2}, в	K
180	0,1	0,1	0,29	0,76	0,1	9,1	0,019	49	55
		0,25	0,31	0,8	0,09	8	0,015	60	82
		0,5	0,37	0,86	0,09	7,8	0,00	62	91
	0,2	0,25	0,83	1,05	0,06	6,8	0,001	38	109
		0,5	0,94	1,06	0,06	6,6	0,004	47	131
		1	0,94	1,1	0,07	6,1	0,003	54	161
	0,5	0,5	1,85	2	0,05	4	0,003	37	151
		1	2,2	2,18	0,0[illegible]	3,8	0,002	44	192
		2	2,4	2,41	0,035	3,6	0,0015	54	208
300	0,1	0,1	0,35	0,5	0,1	11,6	0,019	72	67
		0,25	0,37	0,55	0,0[illegible]	10,9	0,016	96	98
		0,5	0,47	0,59	0,09	9,9	0,007	101	104
	0,25	0,25	0,59	0,85	0,07	8,5	0,011	79	139
		0,5	1,1	0,86	0,06	7,1	0,004	88	167
		1	1,18	0,91	0,06	6,9	0,003	98	185
	0,5	0,5	2	1,3	0,06	6	0,001	64	200
		1	2,2	1,41	0,05	5,8	0,002	79	238
		2	2,5	1,53	0,01	5,2	0,0015	89	263

Двойной диод-пентод 6Б8С

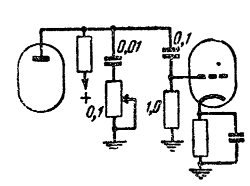
U_{a_0}, в	R_a, Мом	R_c, Мом	$R_э$, Мом	$R_к$, ком	$C_э$, мкф	$C_к$, мкф	C, мкф	U_{m_2}, в	K
180	0,1	0,1	0,44	1	0,08	4,4	0,02	30	30
		0,25	0,5	1,2	0,08	4,4	0,015	52	41
		0,5	0,6	1,2	0,07	4	0,008	53	46
	0,25	0,25	1,18	1,9	0,05	2,7	0,01	39	55
		0,5	1,2	2,1	0,06	3,2	0,007	55	69
		1	1,5	2,2	0,05	3	0,003	53	83
	0,5	0,5	2,6	3,3	0,04	2,1	0,005	47	81
		1	2,8	3,5	0,04	2	0,003	55	115
		2	3	3,5	0,04	2,2	0,002	53	116
300	0,1	0,1	0,5	0,95	0,09	4,6	0,025	60	36
		0,25	0,55	1,1	0,09	5	0,015	89	47
		0,5	0,6	0,9	0,08	4,8	0,009	86	54
	0,25	0,25	1,2	1,5	0,06	3,2	0,015	70	64
		0,5	1,2	1,6	0,06	3,5	0,008	100	79
		1	1,5	1,8	0,08	4	0,004	95	100
	0,6	0,5	2,7	2,4	0,05	2,5	0,006	80	96
		1	2,9	2,5	0,05	2,3	0,003	120	150
		2	3,4	2,8	0,05	2,8	0,0025	90	145

В таблицах указаны также соответствующие различным режимам работы величины коэффициентов усиления K на средних частотах (400 — 1 000 *гц*) и максимальные амплитуды выходного напряжения U_{m2}.

Приведенные значения сопротивлений и емкостей получены расчетным путем, поэтому при подборе деталей они должны быть округлены.

5-23. РЕГУЛЯТОРЫ ТЕМБРА И ГРОМКОСТИ

Регуляторы тембра



Простейшая схема регулирования тембра (изменяет воспроизведение только в области верхних звуковых частот путем шунтирования выхода усилительного каскада емкостной цепью).

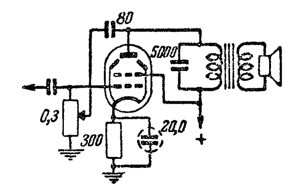


Схема регулирования усиления в области верхних звуковых частот при помощи отрицательной обратной связи.

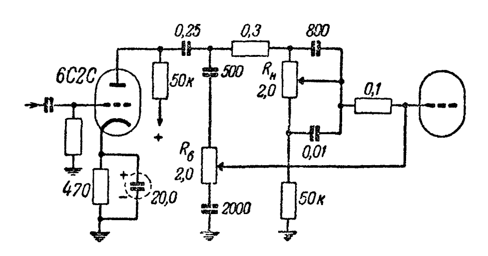


Схема регулирования тембра в области верхних ($R_в$) и нижних ($R_н$) звуковых частот (пределы регулирования от $+10$ до -20 *дб*).

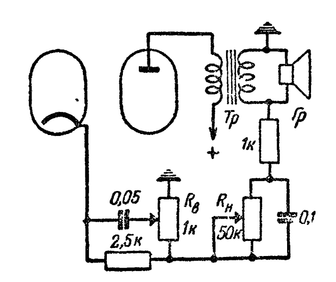
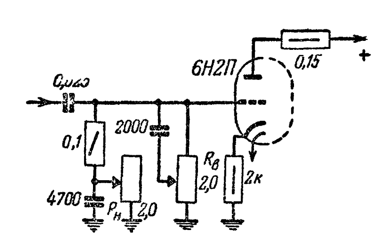


Схема регулирования тембра в области верхних ($R_в$) и нижних ($R_н$) звуковых частот в цепи обратной связи.



Простая схема регулирования тембра, позволяющая ослаблять усиление в области верхних ($R_в$) и нижних ($R_н$) звуковых частот.

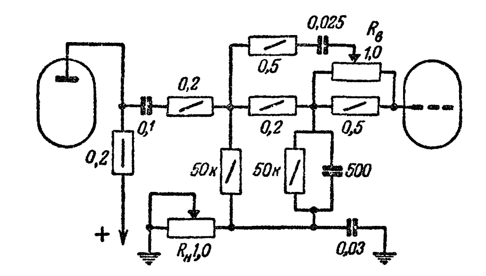


Схема регулирования тембра в области верхних ($R_в$) и нижних ($R_н$) звуковых частот, обеспечивающая и подъем и снижение частотной характеристики.

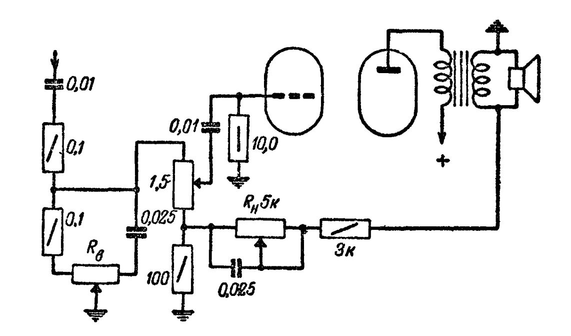


Схема регулирования тембра в области верхних ($R_в$ = 100 *ком*) и нижних ($R_н$) звуковых частот.

Верхние частоты регулируются в канале усиления, а нижние — в цепи отрицательной обратной связи.

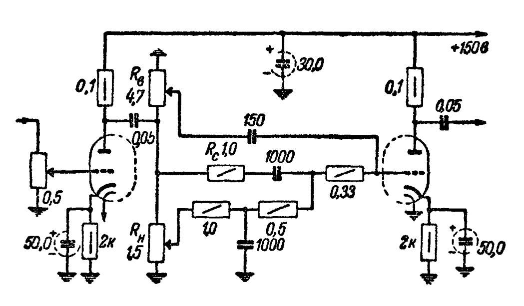


Схема регулировки тембра с разделением верхних ($R_в$) нижних ($R_н$) и средних (R_c) звуковых частот.

Регуляторы громкости

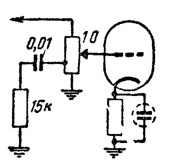


Схема регулирования громкости с компенсацией в области нижних звуковых частот. Сопротивление потенциометра между отводом и заземлением должно быть порядка 0,2 *Мом*.

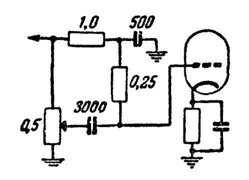
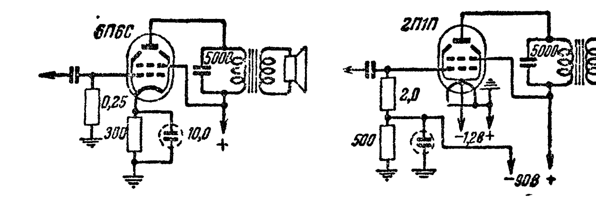


Схема регулирования громкости с компенсацией в области нижних звуковых частот не требующая специального потенциометра с отводом.

5-24. ОДНОТАКТНЫЕ ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ



Типовые режимы работы ламп в однотактных выходных каскадах

Лампы	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение источника анодного питания, *в*	Напряжение на экранирующей сетке, *в*	Смещение на управляющей сетке, *в*	Амплитуда напряжения на управляющей сетке, *в*	Сопротивление смещения в цепи катода, *ом*	Анодный ток, *ма*	Ток экранирующей сетки, *ма*	Крутизна, *ма/в*	Внутреннее сопротивление, *ком*	Оптимальное нагрузочное сопротивление, *ком*	Максимальная отдаваемая мощность, *ва*	Коэффициент нелинейных искажений, %
1П1Б	1,25	0,05	45	45	— 2	2	—	1,1	0,37	0,5	—	50	0,011	—
2П1П*	1,2	0,06[1]	67,5	67,5	— 3,5	3,5	—	2,8	0,65	0,9	260	24	0,06	7
2П1П**	1,2	0,12[2]	67,5	67,5	— 3,5	3,5	—	5,6	1,3	1,8	130	12	0,12	7
2П1П*	1,2	0,06[1]	90	67,5	— 3,5	3,5	—	2,9	0,65	0,9	300	36	0,08	7
2П1П**	1,2	0,12[2]	90	67,5	— 3,5	3,5	—	5,8	1,3	1,8	150	18	0,16	7
2П1П**	1,2	0,12[2]	90	90	— 4,5	4,5	—	9,5	2,1	2,15	100	10	0,27	7
2П1П**	1,2	0,12[2]	90	85	— 5	5	—	6,9	1,5	1,95	120	10	0,25	10
2П1П**	1,2	0,12[2]	90	90	— 4,5	4,5	—	8	1,8	2	110	10	0,25	7
2П9М	2	1	250	170	— 6	6	—	35	1,5	2,5	40	2,5	6	—
6П1П	6,3	0,45	250	250	—12,5	12,5	—	45	5	4,5	50	5	4,5	7
6П3С	6,3	0,9	250	250	—14	14	—	72	6	6	22,5	2,5	6,5	10
6П3С	6,3	0,9	250	250	—	14	170	75	5,4	—	—	2,5	6,5	10
6П3С	6,3	0,9	300	200	—12,5	12,5	—	48	2,5	—	—	4,5	6,5	11
6П3С	6,3	0,9	300	200	—	12,5	220	51	3	—	—	4,5	6,5	11

Продолжение

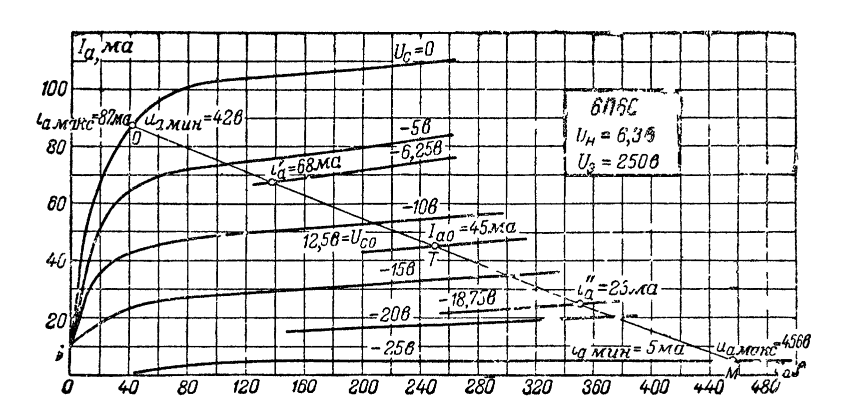
Лампы	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение источника анодного питания, *в*	Напряжение на экранирующей сетке, *в*	Смещение на управляющей сетке, *в*	Амплитуда напряжения на управляющей сетке, *в*	Сопротивление смещения в цепи катода, *ом*	Анодный ток, *ма*	Ток экранирующей сетки, *ма*	Крутизна, *ма/в*	Внутреннее сопротивление, *ком*	Оптимальное нагрузочное сопротивление, *ком*	Максимальная отдаваемая мощность, *ва*	Коэффициент нелинейных искажений, %
6П3С	6,3	0,9	350	200	—	12,5	220	55	4,5	—	—	4,5	6,5	11
6П3С	6,3	0,9	350	250	—18	18	—	—	—	5,2	33	4,2	10,8	15
6П3С	6,3	0,9	375	125	— 9	8	—	24	0,7	—	—	14	4,2	9
6П3С	6,3	0,9	375	125	—	8,5	365	24	0,7	—	—	14	4	9
6П3С***	6,3	0,9	250	—	—20	20	—	40	—	4,7	1,7	5	1,4	5
6П3С***	6,3	0,9	250	—	—	20	490	40	—	—	—	6	1,3	6
6П6С	6,3	0,45	180	180	— 8,5	8,5	—	29	3	3,7	58	5,5	2	8
6П6С	6,3	0,45	250	250	—12,5	12,5	—	45	4,5	4,1	52	5	4,25	6
6П6С	6,3	0,45	315	225	—13	13	—	34	2,2	3,75	77	8,5	5,5	12
6П6С	6,3	0,45	26	26	— 1,5	1,5	—	2,5	0,25	1,75	57	10	0,02	—
6П9	6,3	0,65	300	150	— 3	3	—	30	7	11,7	130	10	3	7
6П14П	6,3	0,76	250	250	—	6	140	46,5	6,65	11,3	20	5,2	5,1	6,5
6С4С	6,3	1	250	—	—45	45	750	60	—	5,25	0,8	2,5	3,5	6
6Ф6С	6,3	0,7	250	250	—16,5	16,5	—	34	7	2,5	78	7	3,2	10

* Включена половина нити накала.
** Половины нити накала соединены параллельно.
*** Триодное включение (анод соединен с экранирующей сеткой.

Расчет режима однотактного каскада с пентодом или лучевым тетродом

Постоянное напряжение на аноде U_{a0} (*в*) принимается порядка 0,9 напряжения источника питания. Постоянное напряжение на экранирующей сетке $U_э$ (*в*) выбирается в соответствии с выбранным напряжением на аноде.

По анодным характеристикам выбранной лампы определяется ток $i_{a\ макс}$ (*ма*), соответствующий сгибу характеристики для $U_c = 0$. Соответствующая точка характеристики обозначается *О*. Затем определяется величина напряжения на аноде для этой точки $u_{a\ мин}$ (*в*).



Выбирается минимальный анодный ток $i_{a\ мин}$ (*ма*) порядка 0,1—0,05 $i_{a\ макс}$.

Напряжение на управляющей сетке, примерно соответствующее $i_{a\ мин}$, принимается за максимальное отрицательное значение этого напряжения $U_{c\ макс}$ (*в*).

Постоянное отрицательное смещение на сетке

$$U_{c0} = \frac{1}{2} U_{c\ макс}.$$

Максимальная амплитуда переменного напряжения между сеткой и катодом

$$U_{mc} = U_{c0}.$$

Пересечение вертикальной линии, соответствующей U_{a0}, с характеристикой при U_{c0} определяет рабочую точку *Т* и постоянную составляющую анодного тока I_{a0} (*ма*).

Мощность, рассеиваемая на аноде в режиме покоя (*вт*),

$$P = \frac{U_{a0} I_{a0}}{1\,000}.$$

Необходимо, чтобы эта мощность не превышала предельно допустимой для данной лампы, которая указывается в справочных данных по лампам. В противном случае нужно выбрать другую рабочую точку *T*.

Через точки *OT* проводится прямая (нагрузочная линия) до пересечения в точке *M* с характеристикой, соответствующей $U_c = U_{c\,макс}$. Точка *M* определяет точные значения $i_{a\,мин}$ (*ма*) и $u_{a\,макс}$ (*в*).

При данном наклоне нагрузочной линии отдаваемая в нагрузку мощность (*ва*)

$$P_{\sim} = \frac{\eta}{8\,000}(i_{a\,макс} - i_{a\,мин})(u_{a\,макс} - i_{a\,мин}).$$

Здесь к. п. д. трансформатора η имеет величину 0,7 — 0,75 при $P_{\sim} \leqslant 5$ *ва* и 0,8 — 0,85 при $P_{\sim} > 5$ *ва*.

Коэффициент второй гармоники

$$\gamma_2 = \frac{0{,}5(i_{a\,макс} + i_{a\,мин}) - i_{a0}}{i_{a\,макс} - i_{a\,мин}}.$$

Коэффициент третьей гармоники

$$\gamma_3 = \frac{2(i'_a - i''_a) - (i_{a\,макс} - i_{a\,мин})}{2(i_{a\,макс} + i'_a - i_{a\,мин} - i''_a)},$$

где i'_a — анодный ток, определяемый пересечением нагрузочной прямой с характеристикой для $U_c = 0{,}5U_{c0}$;

i''_a — то же для $U_c = 1{,}5U_{c0}$.

Общий коэффициент гармоник

$$\gamma = \sqrt{\gamma_2^2 + \gamma_3^2}.$$

Амплитуда переменной составляющей анодного тока (*ма*)

$$I_{ma} = \frac{1}{2}(i_{a\,макс} - i_{a\,мин}).$$

Амплитуда переменной составляющей напряжения на первичной обмотке трансформатора (*в*)

$$U_{ma} = \frac{1}{2}(u_{a\,макс} - u_{a\,мин}).$$

Величина сопротивления анодной цепи (*ом*)

$$R_a = 1\,000\,\frac{U_{ma}}{I_{ma}}.$$

Если по расчету получается недостаточная величина $P_\sim$ или недопустимо большой коэффициент γ, то нужно изменить наклон нагрузочной линии (поворачивая ее около рабочей точки T и соответственно перемещения точки O и M, в которых она пересекает характеристики для $U_c = 0$ и $U_c = -U_{c\ макс}$), использовать другую рабочую точку или повысить напряжение U_{a0}, но не превышая максимально допустимого для данной лампы. При этом надо проверить, не превышает ли мощность рассеяния на аноде допустимую величину.

Сопротивление автоматического смещения в катодной цепи (*ом*)

$$R_к = \frac{1\,000 U_{c0}}{I_{a0} + I_э},$$

где $I_э$ — ток экранирующей сетки лампы, *ма*.

Пример расчета: *Дано:* лампа 6П6С; $U_{a0} = 250$ *в*; $U_э = 250$ *в*

Определяем:

$$i_{a\ макс} = 87\ ма;\ u_{a\ мин} = 42\ в;\ i_{a\ мин} = 5\ ма;$$

$$u_{a\ макс} = 456\ в;\ \ -U_{c\ макс} = -25\ в;$$

$$-U_{c0} = -\frac{25}{2} = -12{,}5\ в;\ I_{a0} = 45\ ма;$$

$$P_a = \frac{250 \cdot 45}{1\,000} = 10\ вт < P_{a\ макс} = 13{,}2\ вт;$$

$$P_\sim = \frac{0{,}75}{8\,000}(87 - 5)(456 - 42) = 3{,}2\ ва;$$

$$\gamma_2 = \frac{0{,}5(87 + 5) - 45}{87 - 5} = 1{,}2\%;$$

$$i'_a = 68\ ма;\ \ i''_a = 25\ ма;\ \ \gamma_3 = \frac{2(68 - 240) - (87 - 5)}{2(87 + 68 - 25 - 5)} = 2{,}5\%;$$

$$\gamma = \sqrt{1{,}2^2 + 2{,}5^2} = 2{,}7\%;$$

$$I_{ma} = \frac{87 - 5}{2} = 41\ ма;\ \ U_{ma} = \frac{456 - 42}{2} = 208\ в;$$

$$R_a = 1\,000\,\frac{208}{41} = 5\,000\ ом;$$

$$I_э = 7{,}5\ ма;\ \ R_к = \frac{12{,}5 \cdot 1\,000}{45 + 7{,}5} \approx 240\ ом.$$

Расчет выходного трансформатора для однотактного каскада

Необходимая индуктивность первичной обмотки (*гн*)

$$L \approx \frac{R_a}{7F_н},$$

где R_a — необходимое сопротивление в анодной цепи усилительной лампы, *ом*;

$F_н$ — нижняя усиливаемая частота, *гц*.

Минимальное сечение сердечника (*см²*)

$$q = \frac{I_{a0}^2 L}{3\,000},$$

где I_{a0} — постоянная составляющая анодного тока, *ма*.

Число витков первичной обмотки

$$w_1 = 800\sqrt{L\frac{l_м}{q}},$$

где $l_м$ — средняя длина магнитной силовой линии в выбранном сердечнике, *см*

Коэффициент трансформации

$$n = \sqrt{\frac{R_a}{1,2R_н}},$$

где $R_н$ — сопротивление нагрузки, *ом*.

Число витков вторичной обмотки

$$w_2 = \frac{w_1}{n}.$$

Диаметр провода для первичной обмотки (*мм*)

$$d_1 = 0,022\sqrt[4]{I_{a0}^2 + \frac{I_{ma}^2}{2}},$$

где I_{ma} — амплитуда переменной составляющей анодного тока, *ма*.

Диаметр провода для вторичной обмотки (*мм*)

$$d_2 = 0,7\sqrt[4]{\frac{P_\sim}{R_н}}.$$

Толщина зазора сердечника (*мм*)

$$D = \frac{w_1 I_{a0}}{16}10^{-5}.$$

Пример расчета: *Дано.* $P_\sim = 3$ *ва*; $F_н = 100$ *гц*; $R_a = 5\,000$ *ом*; $R_н = 3$ *ом*, $I_{a0} = 45$ *ма*, $I_{ma} = 41$ *ма*.

Определяем

$$L = \frac{5\,000}{7\cdot 100} \approx 7 \text{ гн}; \quad q = \frac{45^2\cdot 7}{3\,000} \approx 4,7 \text{ см}^2.$$

Выбираем сердечник Ш-18 с $l_м = 10{,}9$ *см*; тогда

$$w_1 = 800\sqrt{7\frac{10{,}9}{4{,}7}} = 3\,200 \text{ витков};$$

$$n = \sqrt{\frac{5\,000}{1{,}2\cdot 3}} = 37{,}5; \quad w_2 = \frac{3\,200}{37{,}5} = 85 \text{ витков};$$

$$d_1 = 0{,}022\sqrt[4]{45^2 + \frac{41^2}{2}} = 0{,}16 \text{ мм};$$

$$d_2 = 0{,}7\sqrt[4]{\frac{3}{3}} = 0{,}7 \text{ мм}; \quad D = \frac{3\,200\cdot 45}{16}10^{-5} = 0{,}08 \text{ мм}.$$

5-25. ФАЗОИНВЕРТОРЫ

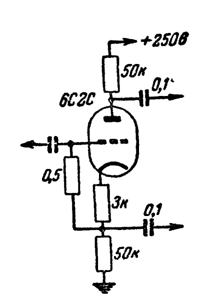
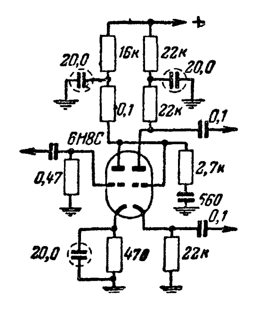
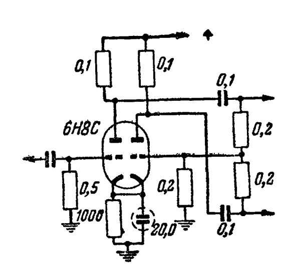


Схема фазоинвертера с разделенной нагрузкой. Нагрузочные сопротивления в цепях катода и анода лампы должны быть одинаковыми.

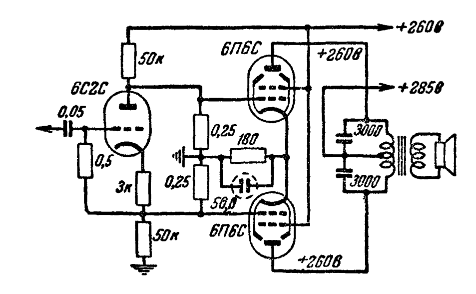


Улучшенный вариант схемы фазоинвертера с разделенной нагрузкой (с предварительным каскадом).



Самобалансирующая схема фазоинвертера (подбор сопротивлений не требует большой точности).

5-26. ДВУХТАКТНЫЕ ВЫХОДНЫЕ КАСКАДЫ



Типичная схема усилителя низкой частоты с двухтактным выходным каскадом (выходная мощность 7 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений 1%).

Типовые режимы работы ламп в двухтактных выходных каскадах

Лампы	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение источника анодного питания, *в*	Напряжение на экранирующих сетках, *в*	Смещение на управляющих сетках, *в*	Амплитуда напряжения между сетками, *в*	Сопротивление смещения в цепи катодов, *ом*	Анодный ток покоя, *ма*	Постоянная составляющая анодного тока при максимальной мощности, *ма*	Ток покоя экранирующих сеток, *ма*	Ток экранирующих сеток при максимальной мощности, *ма*	Оптимальное сопротивление между анодами, *ком*	Максимальная мощность в анодных цепях, *ва*	Коэффициент нелинейных искажений, %
1Н3С[1]	1,2	0,12	120	—	—5,5	—	—	2,5	—	—	—	7	> 0,4	—
1Н3С[1]	1,2	0,12	120	—	—9	24	—	5	23	—	—	—	1	10
2П1П[2]	1,2	0,24	100	—	0	60	—	0,04	30	—	—	4,8	1,4	10
4П1Л[3, 8, 10]	2,1	1,3	240	160	—13,2	26,4	—	30	—	4	—	10	6,2	—
4П1Л[2]	2,1	1,3	240	160	—13,2	42	—	30	—	4	—	8	9	—
4П1Л[4, 8, 11]	2,1	1,3	240	—	—26	52	—	30	—	—	—	10	4,3	—
4П1Л[2, 8, 12]	2,1	1,3	240	—	—26	78	—	30	—	—	—	9	10	—
6Н7С[1, 8, 12]	6,3	0,8	250	—	0	82	—	35	70	—	—	8	8	10
6Н7С[1]	6,3	0,8	300	—	0	60	—	40	70	—	—	8	10	4
6П3С[5]	6,3	1,8	270	250	—16	32	—	120	140	10	16	5	14	2
6П3С[5]	6,3	1,8	250	250	—	35,6	125	120	130	10	15	5	13,5	2
6П3С[5]	6,3	1,8	270	270	—16	32	—	120	140	10	16	5	14,5	2
6П3С[5]	6,3	1,8	270	270	—17,5	35	—	134	155	11	17	5	17,5	2

Продолжение

Лампы	Напряжение накала, в	Ток накала, а	Напряжение источника анодного питания, в	Напряжение на экранирующих сетках, в	Смещение на управляющих сетках, в	Амплитуда напряжения между сетками, в	Сопротивление смещения в цепи катодов, ом	Анодный ток покоя, ма	Постоянная составляющая анодного тока при максимальной мощности, ма	Ток покоя экранирующих сеток, ма	Ток экранирующих сеток при максимальной мощности, ма	Оптимальное сопротивление между анодами, ком	Максимальная мощность в анодных цепях, ва	Коэффициент нелинейных искажений, %
6П3С[5]	6,3	1,8	270	270	—	40	125	134	145	11	17	5	18,5	2
6П3С[3]	6,3	1,8	360	270	—	57	250	88	100	5	17	9	24	4
6П3С[3]	6,3	1,8	360	270	—22,5	45	—	88	140	5	11	3,8	18	2
6П3С[3]	6,3	1,8	360	270	—22,5	45	—	88	132	5	15	6,6	26	2
6П3С[3]	6,3	1,8	400	250	—	44	190	96	110	4,6	11	8,5	24	2
6П3С[3]	6,3	1,8	400	300	—	57	200	112	128	7	16	6,6	32	2
6П3С[3]	6,3	1,8	400	250	—20	40	—	88	124	4	12	8,5	26	2
6П3С[3]	6,3	1,8	400	250	—20	40	—	88	126	4	9	6	20	1
6П3С[3]	6,3	1,8	400	300	—25	50	—	102	152	6	17	6,6	34	2
6П3С[1, 8, 13]	6,3	1,8	400	300	—25	50	—	102	156	6	12	3,8	23	0,6
6П3С[1, 8, 12]	6,3	1,8	360	225	—18	52	—	78	142	3,5	11	6	31	2
6П3С[1, 8, 13]	6,3	1,8	360	270	—22,5	72	—	88	205	5	16	3,8	47	2
6П3С[1]	6,3	1,8	400	250	—20	57	—	88	168	4	13	6	40	—

Продолжение

Лампы	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение источника анодного питания, *в*	Напряжение на экранирующих сетках, *в*	Смещение на управляющих сетках, *в*	Амплитуда напряжения между сетками, *в*	Сопротивление смещения в цепи катодов, *ом*	Анодный ток покоя, *ма*	Постоянная составляющая анодного тока при максимальной мощности, *ма*	Ток покоя экранирующих сеток, *ма*	Ток экранирующих сеток при максимальной мощности, *ма*	Оптимальное сопротивление между анодами, *ком*	Максимальная мощность в анодных цепях, *ва*	Коэффициент нелинейных искажений, %
6П3С[6]	6,3	1,8	250	—	—20	20	—	40	44	—	—	5	1,4	5
6П3С[6]	6,3	1,8	250	—	—	20	490	40	42	—	—	6	1,3	6
6П6С[3]	6,3	0,9	250	250	—15	30	—	70	79	5	13	1	10	5
6П6С[3]	6,3	0,9	285	285	—19	38	—	70	92	4	13,5	8	14	3,5
6Ф6С[5]	6,3	1,4	250	250	—16,5	33	205	68	—	13	—	28	6	2
6Ф6С[5]	6,3	1,4	315	315	—22	44	220	84	—	16	—	28	10	2
6Ф6С[1, 8]	6,3	1,4	315	285	—	58	320	73	—	18	—	10	10,5	3
6Ф6С[1, 8]	6,3	1,4	375	250	—	94	340	54	—	8	—	10	19	5
6Ф6С[1, 8]	6,3	1,4	375	250	—26	82	—	34	—	5	—	10	19	5
6Ф6С[2, 8]	6,3	1,4	350	—	—	132	750	50	—	—	—	10	14	7
6Ф6С[2, 8]	6,3	1,4	350	—	—38	123	—	45	—	—	—	6	18	7
Г-807[1, 9]	6,3	1,8	600	300	—30	78	—	60	200	5	10	3,2	80	—
Г-807[1, 13, 14]	6,3	1,8	750	300	—32	92	—	60	240	5	10	3,2	120	—

[1] В режиме AB_2. [2] При триодном включении в режиме AB_2. [3] В режиме AB_1. [4] При триодном включении в режиме AB_1. [5] В режиме А. [6] При триодном включении в режиме А. [7] Экранирующие сетки соединены с управляющими сетками через сопротивления по 10 *ком* и не заземлены через конденсаторы. [8] Выходное сопротивление предоконечного каскада должно быть не более 500 *ом* (в каждом плече). [9] Минимально необходимая мощность предоконечного каскада 100 *мва*. [10] Минимально необходимая мощность предоконечного каскада 60 *мва*. [11] Минимально необходимая мощность предоконечного каскада 600 *мва*. [12] Минимально необходимая мощность предоконечного каскада 350 *мва*. [13] Минимально необходимая мощность предоконечного каскада 180 *мва*. [14] Работа с перерывами.

Расчет режима класса А двухтактного каскада с пентодами или лучевыми тетродами

Расчет для одного плеча схемы производится точно так же, как и для однотактного усилителя Особенности двухтактной схемы учитываются следующими изменениями полученных величин

Общий ток в цепи питания анодов удваивается по сравнению с током одного плеча.

Мощность $P_{\sim}$ удваивается.

Общий коэффициент гармоник $\gamma = \gamma_3$, так как вторые гармоники в двухтактной схеме компенсируются (величины γ_2 можно не рассчитывать).

Сопротивление между анодами $R_{aa} = 2R_a$.

Сопротивление автоматического смещения в катодной цепи уменьшается вдвое.

Расчет режима класса AB_1 для двухтактного каскада с пентодами или лучевыми тетродами

Выбираются постоянное напряжение на анодах U_{a0} (*в*) (порядка 0,9 напряжения источника питания) и постоянное напряжение на экранирующей сетке $U_э$ (*в*) (в соответствии с выбранным напряжением на анодах)

По анодным характеристикам выбранной лампы определяется ток $i_{a\,макс}$ (*ма*), соответствующий сгибу характеристики для $U_c = 0$. Этой величине тока соответствует анодное напряжение $u_{a\,мин}$ (*в*). Точка характеристики, для которой принят ток $i_{a\,макс}$, обозначается *О*.

Постоянная составляющая тока I_{a0} (*ма*) принимается порядка $(^1/_3 \div {}^1/_5)\, i_{a\,макс}$.

Выбирается характеристика, проходящая примерно на уровне I_{a0}. Соответствующее ей напряжение определяет необходимое напряжение сеточного смещения U_{c0}.

Пересечение этой характеристики с вертикальной линией, проходящей через точку U_{a0}, определяет рабочую точку *Т*. Высота ее дает точное значение постоянной составляющей анодного тока при отсутствии сигнала I_{a0} (*ма*)

Проверяется допустимость мощности рассеяния на аноде при отсутствии сигнала по условию

$$\frac{U_{a0} I_{a0}}{1\,000} \leqslant P_{a\,макс}$$

(здесь величина $P_{a\,макс}$ берется для одной лампы) Если это условие не выполняется, то рабочую точку *Т* надо переместить на характеристику, соответствующую большему отрицательному напряжению U_c.

Через точки *ОТ* проводится наклонная нагрузочная прямая до пересечения с горизонтальной координатной осью в точке *М*.

Мощность, отдаваемая в нагрузку двумя лампами,

$$P_{\sim}=\frac{\eta}{2\,000}\,i_{a\ макс}(U_{a0}-u_{a\ мин}).$$

Величина к. п. д выходного трансформатора выбирается, как указано на стр 173

Коэффициент нелинейности

$$\gamma=\frac{2(i'_a-i''_a)-i_{a\ макс}}{2(i'_a-i''_a)+i_{a\ макс}},$$

где i'_a — анодный ток, определяемый пересечением нагрузочной прямой с характеристикой для $U_c=0{,}5U_{c0}$,

i''_a — то же для $U_c=1{,}5\,U_{c0}$.

Если величины $P_{\sim}$ и γ не удовлетворяют предъявляемым требованиям, то необходимо подобрать более выгодное положение точек O и T.

Амплитуда напряжения на всей первичной обмотке выходного трансформатора (*в*)

$$U_{m1}=2(U_{a0}-u_{a\ мин}).$$

Амплитуда переменной составляющей анодного тока каждой лампы (*ма*)

$$I_{ma}=\frac{1}{2}\,i_{a\ макс}.$$

Постоянная составляющая анодного тока каждой лампы при максимальной отдаваемой мощности (*ма*)

$$I_{a0\ макс}=\frac{1}{4}(i_{a\ макс}+2I_{a0}).$$

Ток в общей цепи питания анодов будет вдвое больше.

Проверяется допустимость мощности рассеяния на анодах при максимальной отдаваемой мощности:

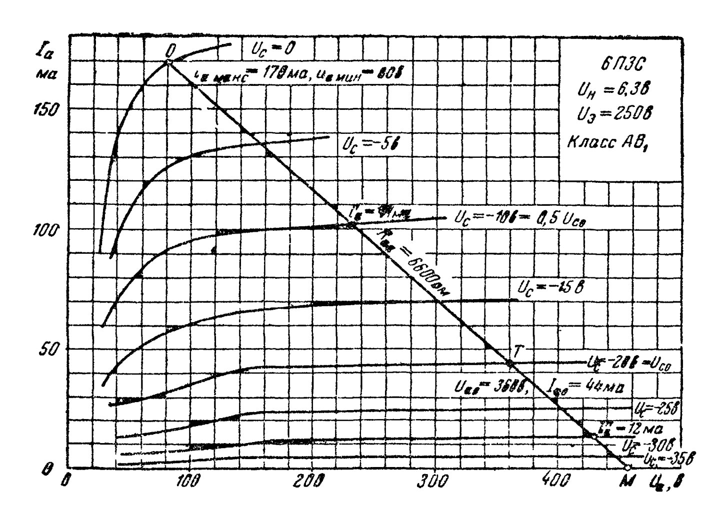
$$\frac{U_{a0}I_{a0}}{1\,000}-\frac{P_{\sim}}{2}\leqslant P_{a\ макс}.$$

Необходимая величина сопротивления между анодами

$$R_{aa}=4\,000\,\frac{U_{a0}-u_{a\ мин}}{i_{a\ макс}}.$$

Амплитуда сеточного напряжения (на одной лампе), необходимая для получения максимальной мощности.

$$U_{mc}=|U_{c0}|.$$



При автоматическом смещении сопротивление в общей цепи катодов (*ом*)

$$R_к = \frac{500 U_{c0}}{I_{a0\,макс} + I_э},$$

где $I_э$ — ток экранирующей сетки лампы при $U_c = 0$ *ма*.

Пример расчета *Дано*: лампа 6П3С; $U_{a0} = 360$ *в*; $U_э = 250$ *в*. *Определяем*

$U_{c0} = -20$ *в*; $I_{a0} = 44$ *ма*; $P_{a0} = 16$ *вт* $< P_{a\,макс} = 20$ *вт*;

$i_{a\,макс} = 170$ *ма*, $i'_a = 101$ *ма* (при $U_c = 0{,}5 U_{c0} = -10$ *в*);

$i''_a = 12$ *ма* (при $U_c = 1{,}5 U_{c0} = -30$ *в*);

$u_{a\,мин} = 80$ *в*; при $\eta = 0{,}8$ $P_{\sim} = 20$ *ва*; $\gamma = 2\%$;

$U_{m1} = 560$ *в*; $I_{ma} = 85$ *ма*, $I_{a0\,макс} = 64{,}5$ *ма*;

$R_{aa} = 6\,600$ *ом*; $U_{mc} = 20$ *в*; $R_к = 125$ *ом*.

Расчет выходного трансформатора для двухтактного каскада

Индуктивность первичной обмотки (*гн*)

$$L_1 = \frac{R_{aa}}{7 F_н},$$

где R_{aa} — сопротивление между анодами ламп, *ом*;

$F_н$ — нижняя пропускаемая частота, *гц*.

Минимальное сечение сердечника (*см²*)

$$q = (15 \div 30)\frac{P_{\sim}}{F_{н}},$$

где $P_{\sim}$ — максимальная мощность, отдаваемая в нагрузку.

Число витков первичной обмотки

$$w_1 = 450\sqrt{\frac{L_1 l_м}{q}},$$

где $l_м$ — средняя длина магнитной силовой линии, *см*.

Коэффициент трансформации

$$n = \frac{w_1}{w_2} = \sqrt{\frac{R_{aa}}{1{,}2R_н}},$$

где $R_н$ — сопротивление нагрузки, *ом*.

Число витков вторичной обмотки

$$w_2 = \frac{w_1}{n}.$$

Диаметр провода первичной обмотки (*мм*)

$$d_1 = 0{,}022\sqrt[4]{I_{a0}^2 + \frac{I_{ma}^2}{2}},$$

где I_{a0} — постоянная составляющая анодного тока одной лампы, *ма* (для каскадов, работающих в режиме класса AB_1, надо брать $I_{a0\,макс}$);

I_{ma} — амплитуда переменной составляющей анодного тока одной лампы, *ма*

Диаметр провода вторичной обмотки (*мм*)

$$d_2 = 0{,}7\sqrt[4]{\frac{P_{\sim}}{R_н}}.$$

Пример расчета. *Дано* $R_{aa} = 6\,600$ *ом*; $F_н = 100$ *гц*; $P_{\sim} = 20$ *ва*; $R_н = 3$ *ом*, $i_{a0\,макс} = 65$ *ма*; $I_{ma} = 85$ *ма*.

Определяем:

$$L_1 = \frac{6\,600}{7\cdot 100} = 9{,}5\ гн;\quad q = 30\frac{20}{100} = 6\ см^2;$$

при $l_м = 15$ *см*

$$w_1 = 450\sqrt{\frac{9{,}5\cdot 15}{6}} = 2\,200 = 2\times 1\,100\ \text{витков};$$

$$n = \sqrt{\frac{6\,600}{1{,}2\cdot 3}} = 43;\quad w_2 = \frac{2\,200}{43} = 51\ \text{виток};$$

$$d_1 = 0{,}022\sqrt[4]{65^2 + \frac{85^2}{2}} = 0{,}2\ мм,\quad d_2 = 0{,}7\sqrt[4]{\frac{20}{3}} = 1{,}6\ мм.$$

Двухтактные выходные каскады, работающие в режиме класса В

Экономичный выходной каскад для батарейных усилителей. В режиме молчания анодный ток отсутствует. Максимальная отдаваемая мощность — около 1,5 *ва* при коэффициенте нелинейных искажений 10% и анодном токе 30 *ма* Выключение половин нитей накала выключателем $Вк_2$ снижает потребляемую и отдаваемую мощности в 2 раза. Требуемое сопротивление между анодами $R_{aa} = 4\,800$ *ом*

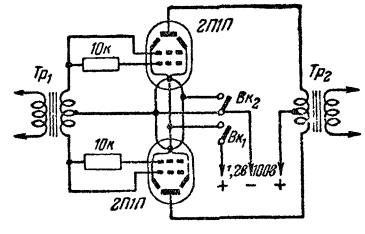


Схема экономичного выходного каскада для батарейных усилителей.

Входной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике Ш-20×20 с зазором 0,1 *мм*. Первичная обмотка содержит 2 000, а вторичная 2×1 200 витков провода ПЭЛ 0,12 В предоконечном каскаде должна использоваться лампа 2П1П. Выходной трансформатор $Тр_2$ имеет сердечник Ш-20×30 *мм* Первичная обмотка состоит из 2×880 витков провода ПЭЛ 0,14. Вторичная обмотка рассчитывается, как указано выше.

Усилитель с выходной мощностью 50 *вт* Оконечный каскад работает с токами сетки, поэтому предоконечный каскад выполнен по схеме двухтактного катодного повторителя. Требуемое сопротивление между анодами выходного каскада равно 4 000 *ом*.

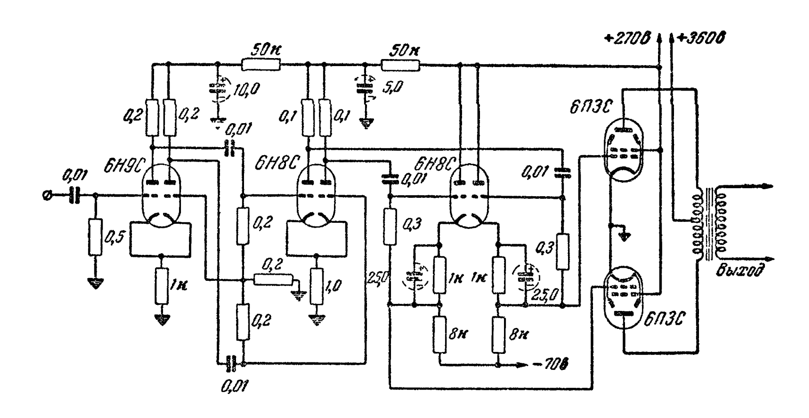
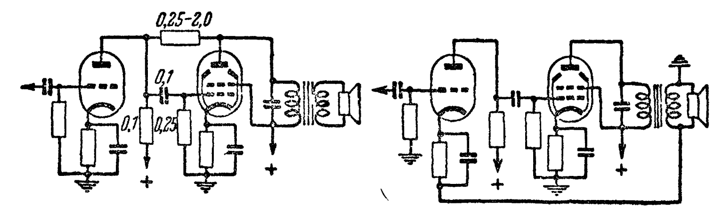


Схема усилителя с выходной мощностью 50 *вт*.

5-27. ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ В УСИЛИТЕЛЯХ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Отрицательная обратная связь уменьшает все виды искажений в охваченных ею каскадах во столько же раз, во сколько уменьшается усиление. Однако чрезмерно сильная обратная связь может вызвать самовозбуждение усилителя, особенно при неудачном монтаже и низком качестве трансформаторов, входящих в каскады, охваченные обратной связью. Отрицательная обратная связь по напряжению в оконечном каскаде уменьшает выходное сопротивление усилителя, что



Типовые схемы обратной связи по напряжению.

благоприятно влияет на работу громкоговорителя. Отрицательная обратная связь по току увеличивает выходное сопротивление, поэтому ее применение в выходном каскаде нежелательно.

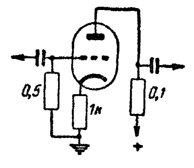


Схема обратной связи по току.

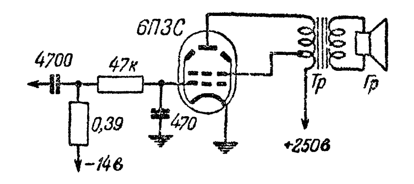
Расчеты схем обратной связи затруднены, величины их элементов рекомендуется подбирать экспериментально.

Если в каскадах, охваченных обратной связью, имеются трансформаторы, то при неправильном включении концов одной из обмоток обратная связь вместо отрицательной оказывается положительной и может вызвать самовозбуждение усилителя. Оно устраняется переключением концов одной обмотки.

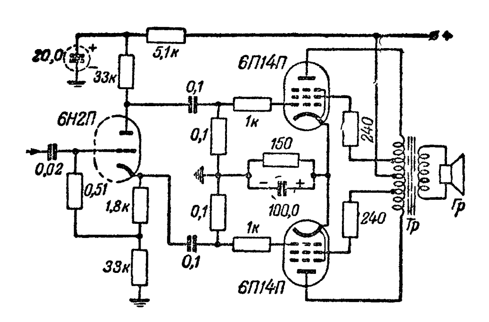
Введение в цепь обратной связи емкостей и индуктивностей делает ее зависящей от частоты. Такие обратные связи применяются для изменения частотной характеристики усилителя.

5-28. СХЕМЫ СВЕРХЛИНЕЙНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

В сверхлинейных усилителях отвод к экранирующей сетке оконечной лампы делают от 25—45% витков первичной обмотки выходного трансформатора, считая от вывода, соединенного с „плюсом" анодного напряжения.



Однотактный оконечный каскад, собранный по сверхлинейной схеме.

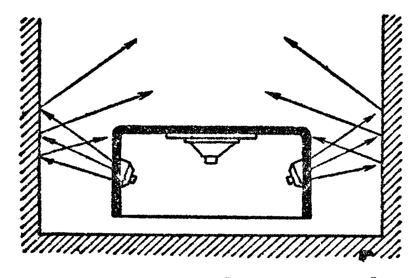


Усилитель с двухтактным оконечным каскадом, собранным по сверхлинейной схеме.

5-29. АКУСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ОБЪЕМНОГО ЗВУЧАНИЯ

Акустическая система объемного звучания обеспечивает равномерное излучение звука во все стороны от приемника. Различают две системы объемного звучания 3D (3 Dimension — звук в трех измерениях) и 4R (Raumton — объемное звучание).

В акустической системе 3D три или более громкоговорителя расположены в горизонтальной плоскости. На отражательной доске устанавливают основной громкоговоритель, воспроизводящий средние и нижние частоты звукового спектра, а на боковых стенках футляра

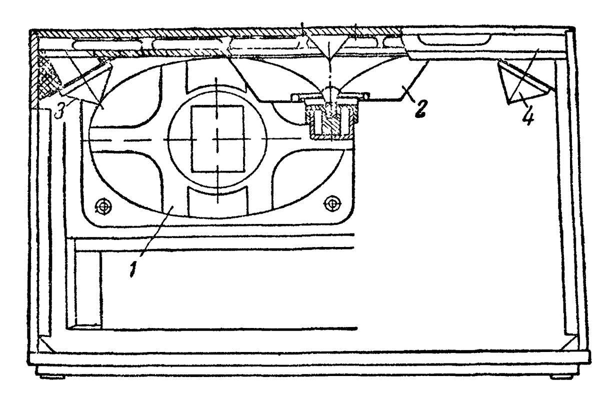


Расположение громкоговорителей в акустической системе 3D.

располагают дополнительные громкоговорители верхних частот. Эффект объемности звучания достигается за счет отражения звука от стен помещения и степень его проявления зависит от установки приемника в помещении.

Акустическая система 4R, помимо основного громкоговорителя, помещенного на отражательной доске, имеет еще один или несколько дополнительных громкоговорителей, установленных под верхней панелью или на дне футляра. Перед диффузором центрального дополнительного громкоговорителя помещают рассеивающий конус,

благодаря которому звук равномерно распространяется во все стороны от радиоприемника. В этом случае проявление эффекта объемности звучания не зависит от акустики помещения и места расположения приемника.



Расположение громкоговорителей в акустической системе 4R.
1 — основной громкоговоритель, 2 — центральный дополнительный громкоговоритель; 3 и 4 — боковые дополнительные громкоговорители.

5-30. УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПРИЕМНИКОВ С ОБЪЕМНЫМ ЗВУЧАНИЕМ

Эффект объемности звучания достигается специальным расположением громкоговорителей в футляре приемника и подведением к ним различных частот звукового спектра.

Разделение полосы звуковых частот на каналы (в большинстве случаев на два канала) может быть произведено либо на выходе низкочастотного тракта, либо после каскада предварительного усиления. В последнем случае для каждого канала имеется свой оконечный каскад, и такой усилитель называется двухканальным.

В одноканальных усилителях низкой частоты разделение полосы частот на каналы производится на выходе оконечного каскада, причем возможны два случая подключения громкоговорителей.

В первом случае к аноду оконечной лампы подключены два выходных трансформатора. Громкоговорители нижних и средних частот звукового диапазона $Гр_1$ и $Гр_2$ питаются от выходного трансформатора $Тр_1$. Первичная обмотка этого трансформатора для корректировки частотной характеристики в области верхних звуковых частот шунтирована конденсатором. Громкоговорители верхних частот $Гр_3$ и $Гр_4$ питаются от выходного трансформатора $Тр_2$, соединенного с анодом оконечной лампы через конденсатор. Емкость этого конденсатора выбирается с таким расчетом, чтобы его реактивное сопротивление на принятой граничной частоте (обычно 800—1 500 *гц*) было равно входному сопротивлению трансформатора $Тр_2$. Тогда к громко-

говорителям $Гр_1$ и $Гр_2$ будут подводиться нижние и средние, а к громкоговорителям $Гр_3$ и $Гр_4$ — только верхние частоты.

В другом случае все громкоговорители питаются от одного выходного трансформатора, но громкоговорители верхних частот подключаются ко вторичной обмотке (или отводу от нее) через конденсатор большой емкости. При таком включении громкоговорителей емкость разделительного конденсатора выбирается с таким расчетом, чтобы его реактивное сопротивление на принятой граничной частоте было равно полному сопротивлению звуковых катушек громкоговорителей верхних частот на этой частоте.

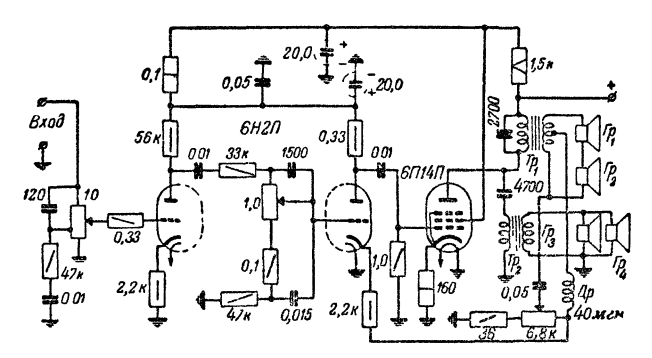


Схема усилителя с разделением частот на выходе оконечного каскада (с двумя выходными трансформаторами).

В двухканальном усилителе разделение полосы частот на каналы производится после каскада предварительного усиления Верхние частоты звукового диапазона подводятся к управляющей сетке оконечной лампы через фильтр верхних частот, причем потенциометр $R_в$

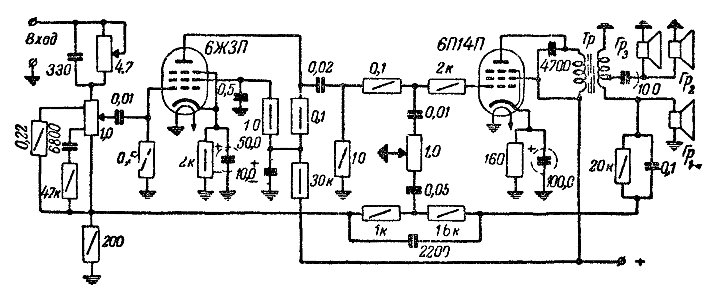


Схема усилителя с разделением частот на выходе оконечного каскада (с одним выходным трансформатором).

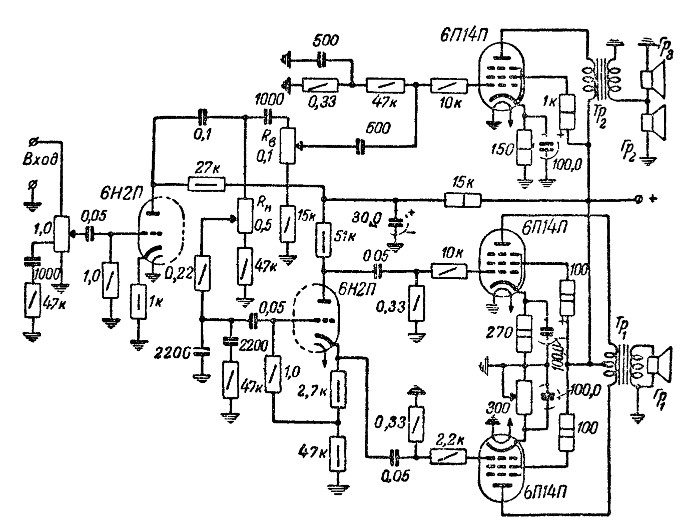


Схема усилителя с разделением частот после каскада предварительного усиления.

служит регулятором тембра этих частот. Нижние звуковые частоты выделяются фильтром и их регулирование производится потенциометром $R_н$. Канал нижних частот имеет двухтактный оконечный каскад, что обеспечивает высокое качество звучания при минимальных искажениях.

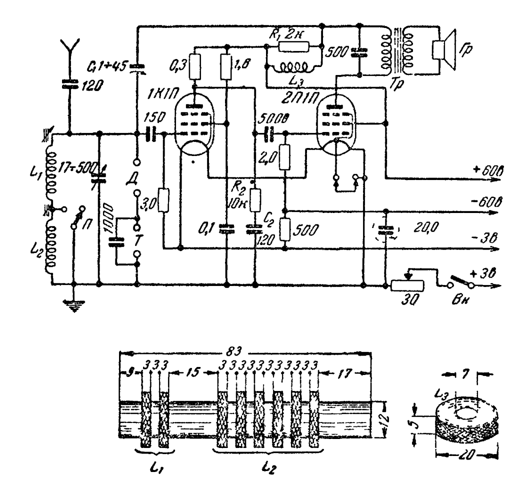
5-31. ЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ПРИЕМНИКИ И УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Двухламповый батарейный приемник

Приемник содержит детекторный каскад с лампой 1К1П и каскад усиления по низкой частоте с лампой 2П1П. Особенностью схемы является подача напряжения обратной связи из цепи анода второй лампы в цепь управляющей сетки первой. Регулировка обратной связи производится конденсатором C_1. В этом случае при чрезмерно сильной обратной связи одновременно возникает генерация по высокой и звуковой частоте, поэтому приемник не может работать в режиме генерации и не создает помех.

Гнезда *Д* и *Т* служат для включения детектора и телефонных трубок при отсутствии источников питания. Цепи L_1R_1 и R_2C_2 выравнивают чувствительность по диапазону.

Катушки намотаны по типу „универсаль" или внавал между



щечками проводом ПЭШО 0,15 или ПЭШО 0,17. Катушка L_1 имеет две секции по 54 витка, L_2 — шесть секций по 65 витков и L_3 — 200 витков.

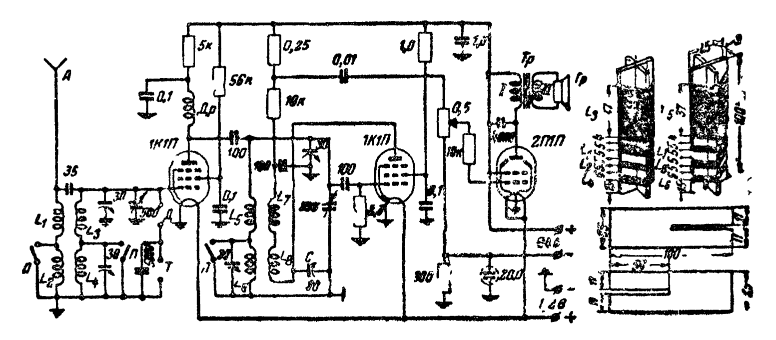
Громкоговоритель *Гр* может быть любым трансляционным с „высокоомным" трансформатором (например, „Октава").

Питание анодных цепей производится от гальванической батареи напряжением 60 *в*. Для накала ламп можно применить два последовательно соединенных гальванических элемента. После снижения напряжения накала можно замкнуть перемычкой половину нити лампы 2П1П.

Трехламповый батарейный приемник

Приемник содержит каскад усиления по высокой частоте с лампой 1К1П, детекторный каскад (регенеративный) с лампой 1К1П и каскад усиления по низкой частоте с лампой 2П1П. Обратная связь регулируется конденсатором *С*.

Катушки намотаны на каркасах из органического стекла или другого диэлектрика, обмотки укладываются в пропилы глубиной 5 *мм*. Катушки L_3 и L_5 (по 140 витков провода ПЭЛ 0,25) намотаны в один слой виток к витку. Катушки L_1 (280 витков ПЭШО 0,1), L_2 (600 витков ПЭШО 0,1), L_4 и L_6 (по 345 витков ПЭШО 0,15), L_7 и L_8 (60 и 160 витков ПЭШО 0,15) намотаны внавал. Дроссель *Др* (2 000 витков

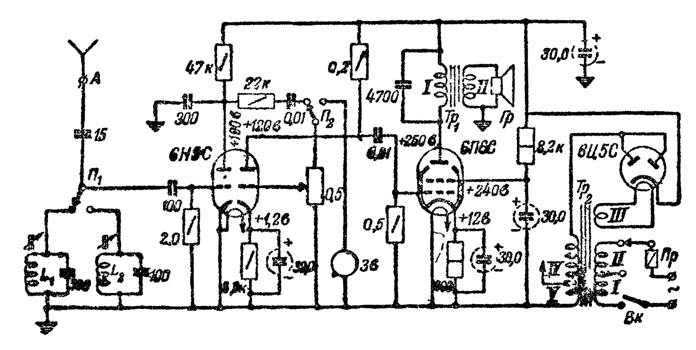


провода ПЭЛ 0,1) из четырех—шести секций намотан на каркасе диаметром 24—30 *мм* и заключен в экран.

Сетевой приемник с фиксированными настройками

Приемник содержит детекторный каскад с левым (по схеме) триодом лампы 6Н9С, предварительный каскад усиления напряжения низкой частоты с правым триодом этой же лампы и оконечный каскад с лампой 6П6С. Переключатель $П_1$ служит для перехода с приема одной станции на прием другой, а переключатель $П_2$ используется при проигрывании граммофонных пластинок через звукосниматель *Зв*.

Катушки L_1 и L_2 рассчитываются в соответствии с частотой принимаемых радиостанций.



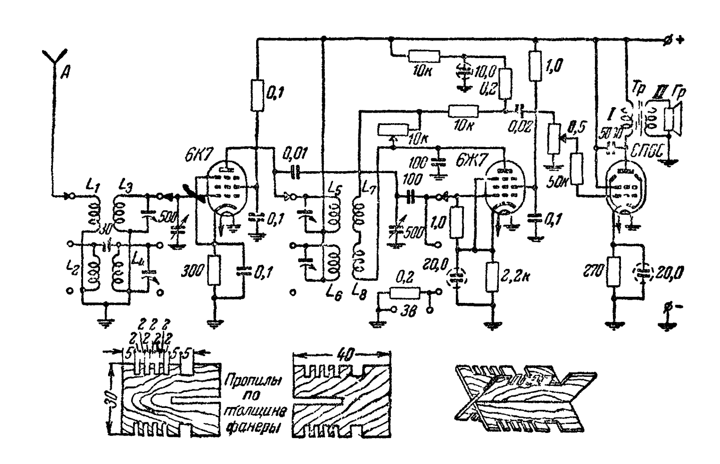
Выходной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-16 при толщине пакета 16 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2 500 витков провода ПЭЛ 0,1, а обмотка *II* — из 61 витка ПЭЛ 0,51 (для громкоговорителя 1ГД-5 с сопротивлением звуковой катушки 3,2 *ом*). Трансформатор можно приобрести готовый (от приемника АРЗ).

Силовой трансформатор $Тр_2$ (можно приобрести готовый типа ВК-169 от приемника АРЗ последних выпусков) собран на сердечнике из пластин Ш-24 при толщине пакета 30 *мм*. Обмотка *I* (для электросети 127 *в*) состоит из 693 витков провода ПЭЛ 0,27, обмотка *II* (добавочная секция для электросети 220 *в*)—из 520 витков ПЭЛ 0,23, обмотка *III*—из 40 витков ПЭЛ 0,51, обмотка *IV* — из 1 330 витков ПЭЛ 0,15 и обмотка *V* (секция для накала ламп)—из 39 витков ПЭЛ 0,8.

Сетевой двухдиапазонный приемник

Приемник содержит каскад усиления по высокой частоте с лампой 6К7, детекторный (регенеративный) каскад с лампой 6Ж7 и каскад усиления по низкой частоте с лампой 6П6С. Он рассчитан на прием радиовещательных станций средневолнового и длинноволнового диапазонов.

Все катушки намотаны внавал на четырех каркасах. Катушки L_3 (4×27 витков провода ПЭЛ 0,38), L_4 (4×[illegible] витков ПЭЛ 0,2[illegible]), L_5 (4×27 витков ПЭЛ 0,38) и L_6 (4×9[illegible] витков ПЭЛ 0,2[illegible]) содержат по четыре



секции, помещенные в узкие пропилы каркасов. Катушки L_1 (220 витков ПЭЛ 0,12), L_2 (60) витков ПЭЛ 0,12), L_7 (50 витков ПЭЛ 0,12) и L_8 (80 витков ПЭЛ 0,12) помещены в широкие пропилы каркасов.

Сетевой супергетеродинный приемник

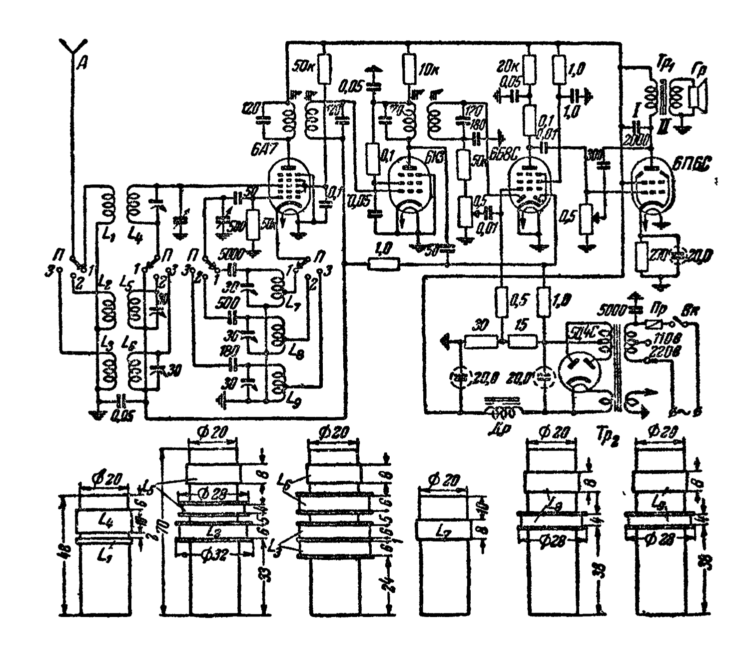
Приемник рассчитан на прием радиовещательных станций, работающих в диапазонах длинных, средних и коротких волн. Промежуточная частота 465 *кгц* Он содержит преобразовательный каскад с лампой 6А7, каскад усиления по промежуточной частоте с лампой 6К3, детекторный каскад с диодной частью лампы 6Б8С и два каскада усиления по низкой частоте с пентодной частью той же лампы 6Б8С и лампой 6П6С.

Катушки L_4 и L_8 наматываются проводом ПЭЛ 0,8, а все остальные катушки—проводом ПЭШО 0,15. Отдельные секции катушек L_5, L_6, L_8 и L_9 намотаны на кольцах из бумаги и могут передвигаться по каркасу (при подгонке индуктивности). Катушка L_1 имеет 10 витков, L_2 — 250 витков, L_3 — 500+500 витков, L_4 - 7 витков, L_5 — 60 + 20 витков, L_6 — 270+40 витков, L_7 — 6,75 витка с отводом от 5-го витка, L_8 — 50+15 витков с отводом от 15-го витка и L_9 — 110+120 витков с отводом от 12-го витка.

Выходной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 30 *мм*. Обмотка *I* состоит из 4 000 витков провода ПЭЛ 0,17, а обмотка *II* — из 100 витков ПЭЛ 0,8 (для громкоговорителя *Гр* с катушкой 3 *ом*).

Дроссель *Др* собран на таком же сердечнике, но с зазором 0,2 *мм*. Он содержит 5 000 витков провода ПЭЛ 0,2.

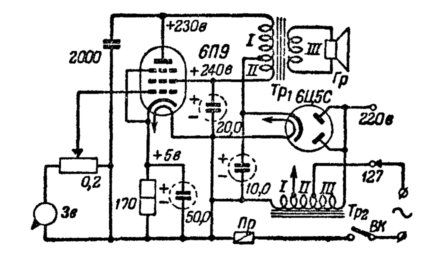
Силовой трансформатор $Тр_2$ должен быть рассчитан на мощность 60—70 *вт*.



Одноламповый усилитель для воспроизведения граммофонной записи

Усилитель содержит всего лишь один каскад усиления по низкой частоте с лампой 6П9 и питается от электросети переменного тока через выпрямитель с кенотроном 6Ц5С. Лампа 6П9 имеет большую крутизну и поэтому обеспечивает достаточное усиление при работе от пьезоэлектрического звукоснимателя *Зв*. Выходная мощность такого усилителя около 2 *ва*.

Выходной трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 20 *мм*. Обмотка *I* состоит из 4 000 витков провода ПЭЛ 0,12—0,15, обмотка *II* (компенсационная для уничтожения фона переменного тока), намотанная в том же направлении, —из 400 витков того же провода и обмотка *III*—из 80 витков провода ПЭЛ 0,7—0,8 (для громкоговорителя 2ГДМ-3 с катушкой 3 *ом*).

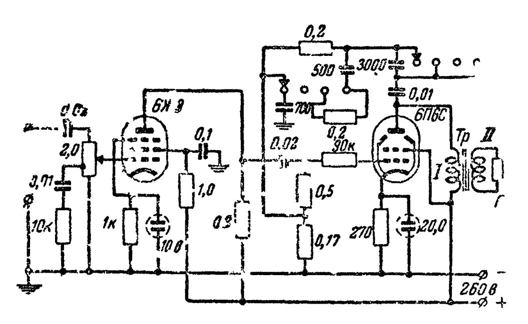


Автотрансформатор $Тр_2$ может быть взят готовый от

приемника „Москвич" или АРЗ-49. Самодельный автотрансформатор можно собрать на сердечнике сечением 6 *см*² Обмотка *I* (для накала ламп) должна состоять из 44 витков провода ПЭЛ 0,8—0,9, обмотка *II* — из 790 витков ПЭЛ 0,25 — 0,27 и обмотка *III*—из 700 витков ПЭЛ 0,2—0,22.

Усилитель с отрицательной обратной связью

Усилитель содержит предварительный каскад усиления по низкой частоте с лампой 6Ж8 и оконечный каскад с лампой 6П6С Выходная мощность усилителя 2,5 *ва* при коэффициенте гармоник 2,5% и входном напряжении 0,2 *в*



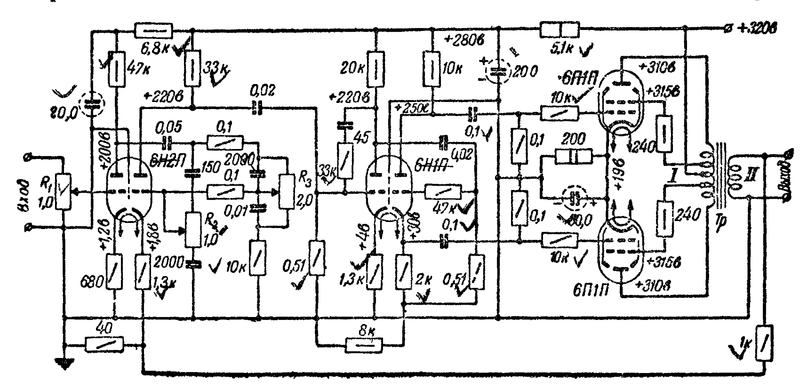
Переключения в цепи обратной связи позволяют в широких пределах изменять воспроизведение нижних и верхних частот звукового диапазона.

Выходной трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине пакета 40 *мм* Обмотка *I* состоит из 2 900 витков провода ПЭЛ 0,15, а обмотка *II*—из 82 витков ПЭЛ 0,8 (для громкоговорителя с катушкой 4 *ом*).

Высококачественный усилитель

Выходная мощность усилителя 8 *ва* при коэффициенте гармоник 1,5% и входном напряжении 0,2 *в*.

Усилитель содержит три каскада предварительного усиления напряжения низкой частоты с лампой 6Н2П и левым (по схеме) трио-



дом лампы 6Н1П, фазоинвертор с правым триодом лампы 6Н1П и двухтактный оконечный каскад с лампами 6П1П.

Все каскады предварительного усиления охвачены местной отрицательной обратной связью по току (за счет отсутствия конденсаторов в катодных цепях ламп) Кроме того, имеется общая цепь отрицательной обратной связи по напряжению с выхода усилителя ко второму его каскаду.

Переменное сопротивление R_1 служит регулятором громкости, R_2 — регулятором тембра верхних и R_3 — регулятором тембра нижних частот звукового диапазона.

Выходной трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пластин Ш-22 при толщине пакета 30 *мм*. Обмотка *I* состоит из 900+600+ +600+900 витков провода ПЭЛ 0,17, а обмотка *II* для нагрузки 8 *ом* (два последовательно включенных громкоговорителя 4ГД-1)—из 92 витков ПЭЛ 0,86, для нагрузки 4 *ом*—из 62 витков ПЭЛ 1,0 и для нагрузки 3 *ом*—из 52 витков ПЭЛ 1,25. Сначала на каркас наматывается первая четверть обмотки *II*, на нее—половина обмотки *I*, затем половина обмотки *II*, далее—следующая половина обмотки *I* и на нее—последняя четверть обмотки *II*.

5-32. УСИЛИТЕЛИ СЛАБЫХ СИГНАЛОВ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ТРИОДАМИ

При расчете усилительного каскада слабых сигналов с полупроводниковыми триодами используют обобщенный метод Для этого триод при любом способе его включения заменяют схемой замещения четырехполюсника, элементы которой выражены через сопротивления холостого хода. В области звуковых частот эти сопротивления можно считать активными.

Основные показатели схемы

Коэффициент усиления по току

$$K_m = -\frac{R_{21}}{R_{22} + R_н}$$

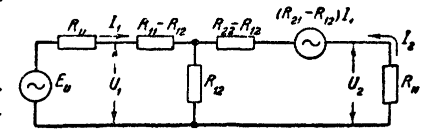
(знак минус указывает на изменение фазы выходного тока относительно входного).

Отношение мощности в нагрузке $P_н$ к наибольшей мощности источника сигнала $P_{u.\,макс}$, т. е.

$$\frac{P_н}{P_{u\ макс}} = \frac{4R_u R_н R_{21}^2}{[(R_{11} + R_u)(R_{22} + R_н) - R_{12}R_{21}]^2}.$$

Входное сопротивление

$$R_{вх} = R_{11} - \frac{R_{12}R_{21}}{R_{22} + R_н}.$$



общенная эквивалентная схема замещения четырехполюсника E_u — э. д. с источника сигнала, R_u — внутреннее сопротивление источника сигнала, $R_н$ — сопротивление нагрузки.

Выходное сопротивление

$$R_{вых} = R_{22} - \frac{R_{12}R_{21}}{R_{11} + R_{и}}.$$

В режиме согласования со стороны входа и выхода, когда $R_{и} = R_{вх}$ и $R_{вых} = R_{н}$, оптимальные значения для $R_{и}$ и $R_{н}$ будут:

$$R_{и.\,опт} = R_{11}\sqrt{1 - \frac{R_{12}R_{21}}{R_{11}R_{22}}};$$

$$R_{н.\,опт} = R_{22}\sqrt{1 - \frac{R_{12}R_{21}}{R_{11}R_{22}}}.$$

При этих оптимальных условиях отношение $\frac{P_{н}}{P_{и.\,макс}}$ будет максимальным:

$$\frac{P_{н}}{P_{и.макс}} = \frac{R_{21}^2}{R_{11}R_{22}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{R_{12}R_{21}}{R_{11}R_{22}}}\right]^2}.$$

Коэффициент усиления по напряжению

$$K_{н} = \frac{U_2}{U_1} = K_m \frac{R_{н}}{R_{вх}}.$$

Коэффициент усиления по мощности (отношение мощности в нагрузке к мощности, потребляемой входом каскада)

$$K_{м} = K_m K_{н}.$$

Если $\delta = \frac{R_{12}R_{21}}{R_{11}R_{22}} < 1$, то каскад не будет самовозбуждаться при коротких замыканиях на входе и выходе. Для плоскостных триодов всех типов это условие соблюдается при всех способах включения. Для точечных же триодов оно обычно выполняется только при включении с общей базой. При наличии внешних сопротивлений в цепях входа и выхода опасность самовозбуждения уменьшается

Для того или иного конкретного способа включения триода необходимо в приведенные формулы подставить соответствующие этому способу включения выражения величин R_{11}, R_{12}, R_{21} и R_{22} через параметры триода $r_б$, $r_э$, $r_к$ и $a = r_y/r_к$ или $r_y = ar_к$.

Для схемы с общей базой

$$R_{11} = r_э + r_б;$$

$$R_{12} = r_б;$$

$$R_{21} = r_y + r_б;$$

$$R_{22} = r_к + r_б.$$

Для схемы с общим эмитером

$$R_{11} = r_б + r_э;$$

$$R_{12} = r_э;$$

$$R_{21} = r_э - r_у;$$

$$R_{22} = r_э + r_к - r_у.$$

Для схемы с общим коллектором

$$R_{11} = r_б + r_к;$$

$$R_{12} = r_к - r_у;$$

$$R_{21} = r_к;$$

$$R_{22} = r_э + r_к - r_у.$$

Типовые значения приведенных параметров для плоскостного триода П1 в схеме с общей базой:

$$r_э = 30\ ом;\quad r_б = 400\ ом;\quad r_к = 1\ Мом;$$

$$r_у = 0{,}97\ Мом;\quad \alpha = 0{,}97.$$

Для точечного триода С1Г:

$$r_э = 250\ ом;\quad r_б = 200\ ом;\quad r_к = 20\ ком;\quad \alpha = 2{,}2.$$

Приближенные соотношения для каскада с общим эмитером

При использовании плоскостных триодов в качестве основного включения удобно рассматривать схему каскада с общим эмитером. Нагрузкой для переменного тока является сопротивление

$$R_н = \frac{RR_{вх2}}{R + R_{вх2}}.$$

Коэффициент усиления по току при $R_{вх2} \ll R_{вых}$

$$K_m \approx \frac{\alpha}{1 - \alpha}.$$

Входное сопротивление

$$R_{вх} \approx r_б + r_э\left(1 + \frac{\alpha}{1 - \alpha}\right).$$

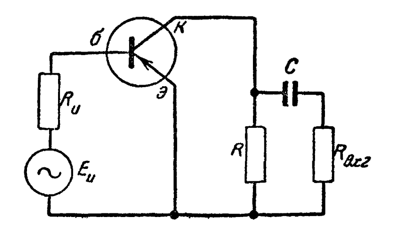


Схема каскада с общим эмитером (без источников питания).
E_u — э. д. с. источника сигнала; R_u — внутреннее сопротивление источника сигнала, R — сопротивление нагрузки по постоянному току, $R_{вх2}$ — входное сопротивление следующего (второго) каскада.

Коэффициент усиления по напряжению

$$K_н = -K_т \frac{R_{вх2}}{R_{вх}}.$$

Коэффициент усиления по мощности

$$K_м = K_т K_н = K_т^2 \frac{R_н}{R_{вх}}.$$

Выходное сопротивление

$$R_{вых} = \frac{R R'_{вых}}{R + R'_{вых}} \approx R,$$

где $R'_{вых} = \frac{r_к}{r_э + r_б + R_и} [r_э + (r_б + R_и)(1 - \alpha)]$.

Типичные значения показателей каскада с триодом П1 при $R_н = 0{,}05 r_к (1 - \alpha)$:

$K_т = 35$; $R_{вх} = 1\,800$ *ом*; $K_н = 35$; $K_м = 1\,200$; $R_{вых} = 40 \div 100$ *ком*.

Приближенные соотношения для каскада с общим коллектором

Коэффициент усиления по напряжению

$$K_н \approx 1.$$

Коэффициент усиления по току $K_т \approx 1 + \frac{\alpha}{1 - \alpha}$.

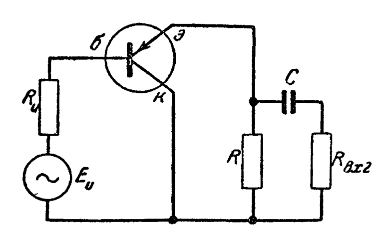


Схема каскада с общим коллектором.

Коэффициент усиления по мощности

$$K_м \approx K_т.$$

Входное сопротивление

$$R_{вх} \approx \left(\frac{\alpha}{1 - \alpha}\right)(r_э + R_н),$$

где

$$R_н = \frac{R R_{вх2}}{R + R_{вх2}}.$$

Выходное сопротивление $R_{вых} \approx r_э + \frac{r_б + R_и}{1 + \frac{\alpha}{1 - \alpha}}$.

В каскаде с общим коллектором $R_{вх}$ сильно зависит от $R_н$, а $R_{вых}$ — от $R_и$.

Типичные значения показателей каскада с триодом П1 при $R_н = 0{,}05 r_к (1 - \alpha)$:

$$K_т = 45, \quad K_н \approx 1; \quad K_м \approx 45, \quad R_{вх} \approx 50 R_н;$$

$$R_{вых} = 35 \text{ ом при } R_и \ll r_б, \quad R_{вых} \approx \frac{R_и}{50} \text{ при } R_и \gg r_б.$$

Приближенные соотношения для каскада с общей базой

Коэффициент усиления по току

$$K_m \approx \alpha < 1.$$

Коэффициент усиления по напряжению

$$K_н = \alpha \frac{R_{вх2}}{R_{вх}}.$$

Коэффициент усиления по мощности

$$K_м = K_m K_н.$$

Входное сопротивление каскада

$$R_{вх} = r_э + r_б(1 - \alpha).$$

Выходное сопротивление каскада при $R_н \ll r_к$

$$R_{вых} \approx r_к\left(1 - \frac{\alpha r_б}{r_б + r_э + R_и}\right).$$

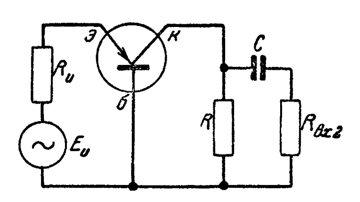


Схема каскада с общей базой.

Типичные значения показателей каскада с триодом П1 при $R_н \ll r_к$:

$K_m = 0{,}97$, $K_н = 35$, $R_{вх} = 35$ *ом*; $R_{вых} = 0{,}1 \div 2$ *Мом* (без учета R); $K_м = 33$, $\alpha = 0{,}97$.

5-33. УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ТРИОДАМИ

Однотактный выходной каскад с общей базой

При расчете оконечных каскадов усилителей мощности применяют графоаналитический способ определения режимов. Для этого нужны семейства статических выходных и входных характеристик, снятые для данной схемы включения триода.

Расчет производится следующим образом.

Задаются выходной мощностью $P_{вых}$ и к. п. д. выходного трансформатора $\eta_{тр} \approx 75\%$.

Мощность, отдаваемая триодом,

$$P_{отд} = \frac{P_{вых}}{\eta_{тр}}.$$

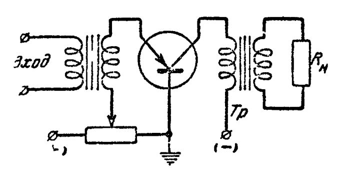
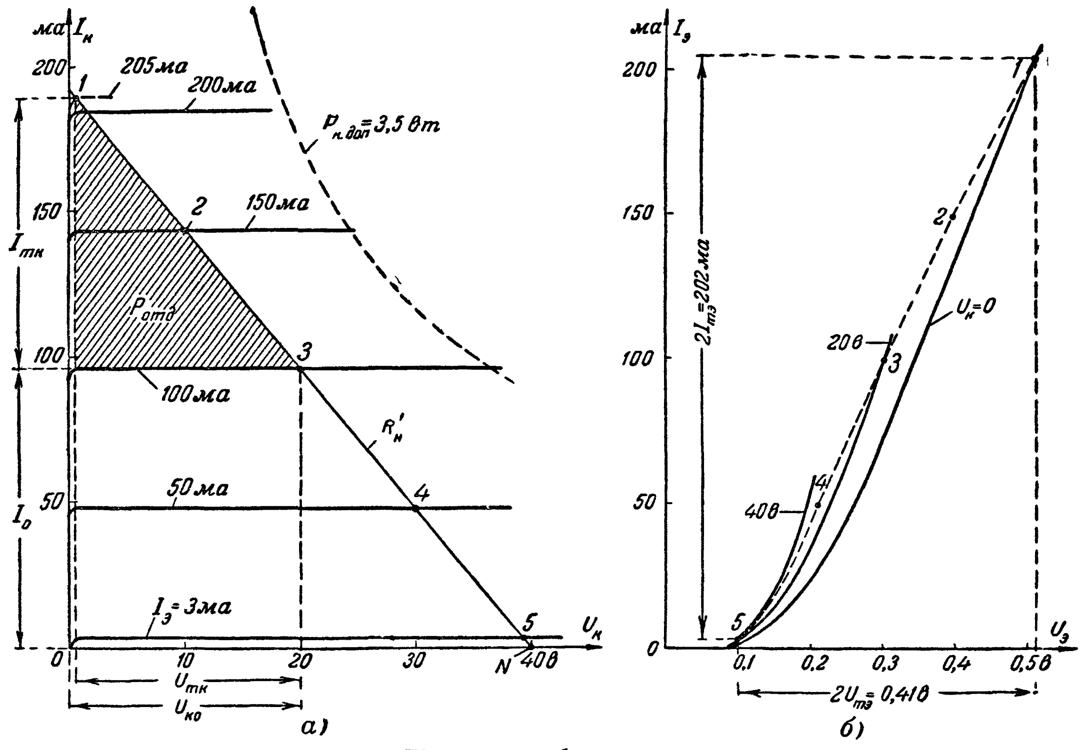


Схема однотактного выходного каскада с общей базой.

По $P_{к\,доп}$ выбирают тип триода.

Выбирают напряжение источника питания коллекторной цепи



Семейство статических характеристик триода П3 для схемы с общей базой (к расчету режимов однотактного каскада). *а* — выходные характеристики; *б* — входные характеристики.

$U_{к0} \leqslant \frac{U_{к\ макс}}{2}$ и, задаваясь к. п. д. выходной цепи $\eta \approx 48\%$, определяют мощность P_0, потребляемую от источника питания цепью коллектора, и постоянную составляющую коллекторного тока I_0:

$$P_0 = \frac{P_{отд}}{\eta};$$

$$I_0 = \frac{P_0}{U_{к0}}.$$

Сопротивление нагрузки в цепи коллектора

$$R'_н \approx \frac{U_{к0}}{I_0}.$$

На семействе выходных статических характеристик наносят положение рабочей точки с координатами I_0 и $U_{к0}$ (точка *3*). Второй точкой, через которую должна проходить динамическая характеристика $R'_н$, будет точка N, лежащая на оси напряжений на расстоянии $2U_{к0}$ от начала координат. Отмечают точки пересечения со статическими характеристиками для различных значений тока эмитера (точки *1*, *2*, *3*, *4* и *5*).

Затем переносят эти точки на график входных характеристик и, соединив их пунктирной линией, получают входную динамическую характеристику. По этой характеристике определяют удвоенные амплитудные значения входного тока $2I_{mэ}$ и входного напряжения $2U_{mэ}$.

Мощность, потребляемая входной цепью,

$$P_{вх} = \frac{2I_{mэ} 2U_{mэ}}{8}.$$

Среднее значение входного сопротивления

$$R_{вх} = \frac{2U_{mэ}}{2I_{mэ}}.$$

Полученное сопротивление $R_{вх}$ является нагрузкой для предоконечного каскада.

Для определения нелинейных искажений необходимо определить внутреннее сопротивление предоконечного каскада на средних частотах

$$R_u = r_2 + r_1 n_2^2 + R_{вых} n_2^2,$$

где r_1, r_2 и n — активные сопротивления первичной и вторичной обмоток и коэффициент трансформации междукаскадного трансформатора,

$R_{вых}$ — выходное сопротивление триода предоконечного каскада.

Для оконечного каскада с общей базой с целью уменьшения нелинейных искажений следует выбирать значения $R_u = 50 \div 100$ *ом*.

Выбрав значение R_u, необходимо построить зависимость выходного тока $I_к$ от э. д. с. источника сигнала E_u по значениям, определяемым из графиков выходных и входных статических характеристик. Эта э. д. с.

$$E_u = U_э + I_э R_u.$$

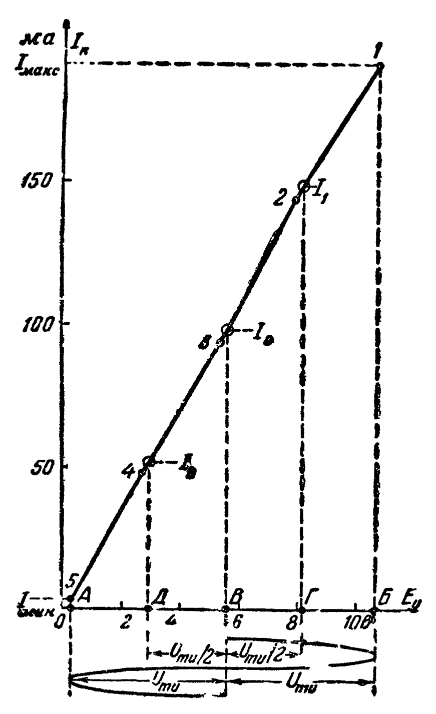


График зависимости выходного тока $I_к$ от э. д. с. источника сигнала E_u.

График зависимости $I_к$ от E_u позволяет определить токи $I_{мин}$, I_2, I_0, I_1 и $I_{макс}$. Амплитудные значения токов I_{m1}, I_{m2}, I_{m3}, I_{m4} и $I_{ср}$ определяются по следующим формулам:

$$I_{m1} = \frac{(I_{макс} - I_{мин}) + (I_1 - I_2)}{3};$$

$$I_{m2} = \frac{0{,}5\,(I_{макс} + I_{мин}) - I_0}{2};$$

$$I_{m3} = \frac{(I_{макс} - I_{мин}) - 2(I_1 - I_2)}{6};$$

$$I_{m4} = \frac{(I_{макс} + I_{мин}) - 4(I_1 + I_2) + 6I_0}{12};$$

$$I_{ср} = \frac{(I_{макс} + I_{мин}) + 2(I_1 + I_2)}{6}.$$

Коэффициент нелинейных искажений

$$K_{нел} = \frac{\sqrt{I_{m2}^2 + I_{m3}^2 + I_{m4}^2}}{I_{m1}}.$$

Коэффициент трансформации выходного трансформатора

$$n = \sqrt{\frac{R'_н \eta_{тр}}{R_н}}.$$

Пример расчета. *Дано*: режим класса А; $P_{вых} = 0{,}7$ *ва*; $R_н = 6$ *ом*, $\eta_{тр} = 0{,}75$.

Определяем:

$$P_{отд} = \frac{0{,}7}{0{,}75} = 0{,}93 \text{ ва}.$$

Выбираем триод типа П3А ($U_{к\ макс} = -50$ *в*);

$$P_0 = \frac{0{,}93}{0{,}48} \approx 1{,}9 \text{ вт};$$

$$I_0 = \frac{1{,}9}{20} = 0{,}095 \text{ а} = 95 \text{ ма}$$

(напряжение источника питания коллекторной цепи $U_{к0} = 20$ *в*, так как $U_{к0} < \frac{U_{к\ макс}}{2}$).

$$R'_н = \frac{20}{0{,}095} = 210 \text{ ом}.$$

На выходной характеристике (стр. 200) проводим нагрузочную прямую $R'_н$, переносим точки *1, 2, 3, 4* и *5* на входную характеристику и по полученной динамической характеристике (пунктирная линия) определяем:

$$2I_{mэ} = 202 \text{ ма}; \quad 2U_{mэ} = 0{,}41 \text{ в}; \quad P_{вх} = \frac{202 \cdot 0{,}41}{8} \approx 10 \text{ мвт};$$

$$R_{вх} = \frac{0{,}41}{202 \cdot 10^{-3}} \approx 2 \text{ ом}$$

Для $R_и = 50$ *ом* строим график зависимости $I_к$ от $E_и$.

Из графиков выходных и входных характеристик (стр. 200) определяем:

для точки *1* $I_э = 205$ *ма* и $U_э = 0{,}51$ *в*;
для точки *2* $I_э = 150$ *ма* и $U_э = 0{,}39$ *в*;
для точки *3* $I_э = 100$ *ма* и $U_э = 0{,}3$ *в*;
для точки *4* $I_э = 50$ *ма* и $U_э = 0{,}21$ *в*;
для точки *5* $I_э = 3$ *ма* и $U_э = 0{,}1$ *в*.

Отсюда:

$$E_{u1} = 0{,}51 + 0{,}205 \cdot 50 = 10{,}8 \text{ в};$$
$$E_{u2} = 0{,}39 + 0{,}15 \cdot 50 = 7{,}9 \text{ в};$$
$$E_{u3} = 0{,}3 + 0{,}1 \cdot 50 = 5{,}3 \text{ в};$$
$$E_{u4} = 0{,}21 + 0{,}05 \cdot 50 = 2{,}7 \text{ в};$$
$$E_{u5} = 0{,}1 + 0{,}003 \cdot 50 = 0{,}25 \text{ в}.$$

Точки *1* и *5* надо снести на ось E_u и отрезок *АБ* поделить пополам. Из точки *В* восстанавливаем перпендикуляр, и точку пересечения с кривой сносим на ось $I_к$. Это будет значение I_0. Далее, отрезок *ВБ* делим пополам и, снеся точку *Г* на ось $I_к$, получаем значение I_1. Аналогичным образом получаем значение I_2.

$I_{мин} = 3$ *ма*; $I_2 = 52$ *ма*; $I_0 = 98$ *ма*; $I_1 = 148$ *ма*, $I_{макс} = 190$ *ма*,

$$I_{m1} = \frac{(190 - 3) + (148 - 52)}{3} = 95 \text{ ма};$$

$$I_{m2} = \frac{0{,}5(190 + 3) - 98}{2} = 1{,}5 \text{ ма};$$

$$I_{m3} = \frac{(190 - 3) - 2(148 - 52)}{6} = 0{,}84 \text{ ма};$$

$$I_{m4} = \frac{(190 + 3) - 4(148 + 52) + 6{,}98}{12} = 1{,}7 \text{ ма};$$

$$I_{ср} = \frac{(190 + 3) + 2(148 + 52)}{6} \approx 100 \text{ ма};$$

$$K_{нел} = \frac{\sqrt{(-1{,}5)^2 + (-0{,}84)^2 + (-1{,}7)^2}}{95} \approx 2{,}5\%;$$

$$n = \sqrt{\frac{210 \cdot 0{,}75}{6}} \approx 5.$$

Однотактный выходной каскад с общим эмитером

$P_{отд}$ и P_0 определяются так же, как и в каскаде по схеме с общей базой.

Минимальное значение коллекторного тока $I_{к\ мин} = (0{,}02 \div 0{,}03) I_{к\ макс}$ определяется нелинейным участком кривой I Рабочая точка A располагается на середине участка нагрузочной прямой ВБ.

Постоянная составляющая коллекторного тока

$$I_0 = \frac{I_{к\ макс} - I_{к\ мин}}{2} + I_{к.мин}.$$

Напряжение источника питания

$$U_{к0} = \frac{P_0}{I_0} \leqslant \frac{U_{к\ макс}}{2}.$$

Сопротивление нагрузки в цепи коллектора

$$R'_н \approx \frac{2U_{к0}}{I_{к\ макс} - I_{к\ мин}}.$$

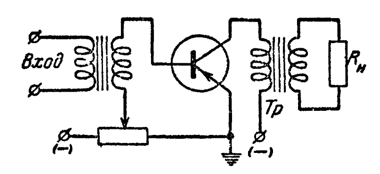


Схема однотактного выходного каскада с общим эмитером.

Для определения начального смещения на базе рабочая точка A переносится на кривую I (точка 4′) Проекция этой точки на ось $U_б$ определяет начальное смещение на базе $U_{б0}$ Перпендикуляр, опущенный из точки A′, пересекает кривую II в точке Г Среднее значение входного сопротивления определяется наклоном касательной к кривой II в точке Г:

$$R_{вх} = \frac{\Delta U_б}{\Delta I_б}.$$

Коэффициент нелинейных искажений выходного тока по второй гармонике определяют графическими построениями на кривых I и II. Неискаженную кривую выходного тока $i_{вых}$ проектируют на кривую I и сносят точки В′ и Б′ на ось $U_б$. Коэффициент нелинейных искажений входного напряжения $U_{вх}$ (в процентах) определится из выражения

$$K_{нел.н} = \frac{1}{2}\left(\frac{U'_{вх} - U''_{вх}}{U'_{вх} + i''_{вх}}\right) 100,$$

где $U'_{вх}$ — амплитуда положительной полуволны $U_{вх}$;

$U''_{вх}$ — амплитуда отрицательной полуволны $U_{вх}$

Аналогичным образом определяют нелинейные искажения входного тока $i_{вх}$, сносят точки В′ и Б′ на кривую II Коэффициент нелинейных искажений входного тока

$$K_{нел.т} = \frac{1}{2}\left(\frac{i'_{вх} - i''_{вх}}{i'_{вх} + i''_{вх}}\right) 100,$$

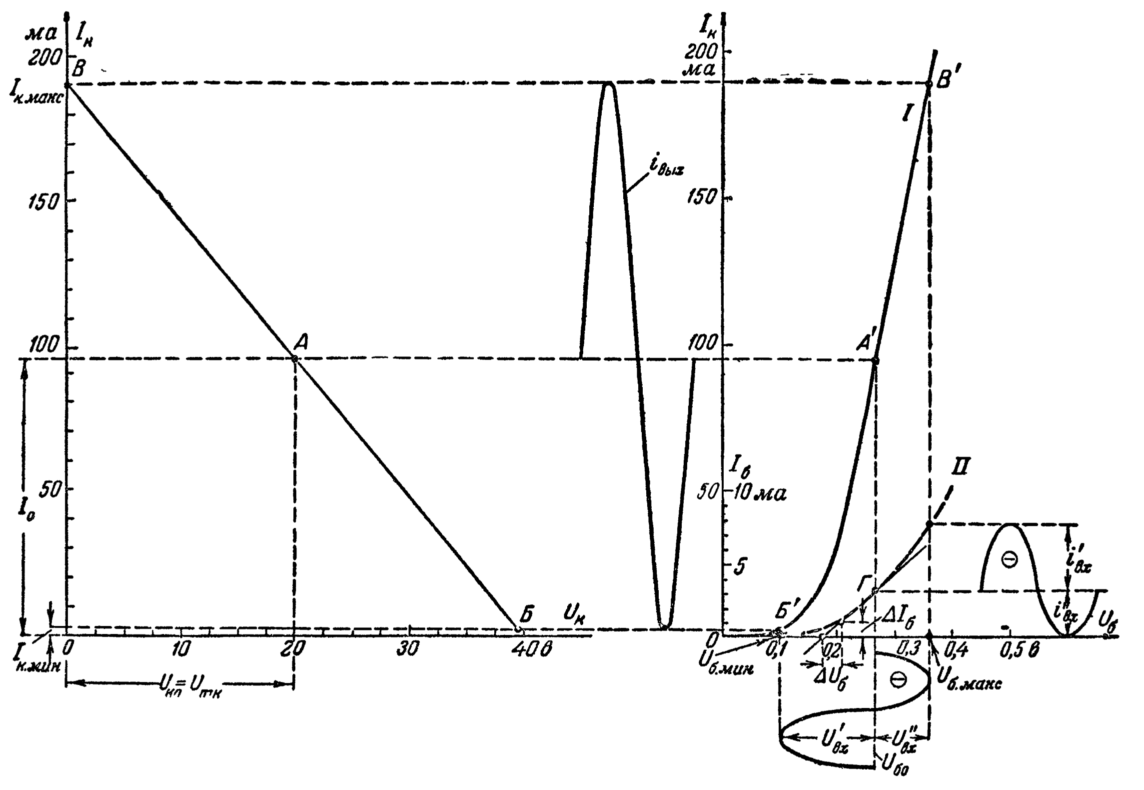


График для расчета однотактного выходного каскада с общим эмиттером (для триода П3). Кривая *I* — переходная характеристика; кривая *II* — входная характеристика.

где $i'_{вх}$ — амплитуда отрицательной полуволны $i_{вх}$;

$i''_{вх}$ — амплитуда положительной полуволны $i_{вх}$.

Требуемые предварительные противоискажения входного напряжения и входного тока, обеспечивающие неискаженный выходной ток, создаются путем выбора внутреннего сопротивления предоконечного каскада:

$$R_u = R_{вх} \frac{K_{нел.н}}{K_{нел.т}}.$$

При таком значении R_u искажения выходного тока по второй гармонике будут отсутствовать[1].

Мощность, потребляемая входом,

$$P_{вх} = \frac{E_u^2 R_{вх}}{(R_u + R_{вх})^2},$$

где

$$E_u = U'_{вх}\left(\frac{K_{нел.н}}{K_{нел.т}} + 1\right).$$

Пример расчета. *Дано:* режим класса A; $P_{вых} = 0,7$ *ва*; $R_н = 6$ *ом*, $\eta_{тр} = 0,75$.

Определяем:

$$P_{отд} = \frac{0,7}{0,75} = 0,93 \text{ ва}.$$

Выбираем триод П3А.

$$P_0 = \frac{0,93}{0,48} \approx 1,9 \text{ вт};$$

$$I_{к.макс} = 190 \text{ ма} = 0,19 \text{ а}; \quad I_{к.мин} = 0,02 \cdot 190 \approx 4 \text{ ма} = 0,004 \text{ а};$$

$$I_0 = \frac{190 - 4}{2} + 4 = 97 \text{ ма} = 0,097 \text{ а};$$

$$U_{к0} = \frac{1,9}{0,097} \approx 20 \text{ в};$$

$$U'_н \approx \frac{2 \cdot 20}{0,19 - 0,004} \approx 215 \text{ ом};$$

$$U_{б0} = 0,27 \text{ в}; \quad R_{вх} \approx 30 \text{ ом};$$

---

[1] При $K_{нел.т} = 0$ сопротивление $R_u = \infty$. Для получения практического значения R_u необходимо задаться кривой выходного тока $i_{вых}$ с допустимыми нелинейными искажениями и произвести построение вновь.

$$K_{нел.н}=\frac{1}{2}\left(\frac{0,17-0,1}{0,17+0,1}\right)100\approx 13\%;$$

$$K_{нел.т}=\frac{1}{2}\left(\frac{4,5-3,2}{4,5+3,2}\right)100\approx 8,5\%;$$

$$R_{и}=30\,\frac{13}{8,5}\approx 46 \text{ ом};$$

$$n=\sqrt{\frac{215\cdot 0,75}{6}}\approx 5;$$

$$P_{вх}=\frac{0,43^2\cdot 30}{(46+30)^2}=0,93\cdot 10^{-3} \text{ вт}.$$

Расчет выходного трансформатора для однотактного каскада

Индуктивность (в генри) первичной обмотки

$$L_1=\frac{R'_н}{4F_н},$$

где $R'_н$ — рассчитанное сопротивление в коллекторной цепи триода *ом*,
$F_н$ — нижняя усиливаемая частота, *гц*;

Минимальное сечение (в квадратных сантиметрах) сердечника

$$q=\frac{I_0^2 L_1}{3000},$$

где I_0 — постоянная составляющая коллекторного тока, *ма*.

Число витков первичной обмотки

$$w_1=600\sqrt{L_1\frac{l_м}{q}},$$

где $l_м$ — средняя длина магнитной силовой линии в выбранном сердечнике, *см*.

Коэффициент трансформации

$$n=\sqrt{\frac{0,75R'_н}{R_н}},$$

где $R_н$ — сопротивление нагрузки, *ом*.

Число витков вторичной обмотки

$$w_2=\frac{w_1}{n}.$$

Диаметр провода (в миллиметрах) первичной обмотки

$$d_1=0,02\sqrt[4]{I_0^2+\frac{I_{тк}^2}{2}},$$

где $I_{тк}$ — амплитуда переменной составляющей коллекторного тока.

Диаметр провода (в миллиметрах) вторичной обмотки

$$d_2 = 0{,}7 \sqrt[4]{\frac{R_{вых}}{R_н}}.$$

Величина зазора (в миллиметрах) в сердечнике

$$D = w_1 I_0 10^{-6}.$$

Пример расчета. *Дано:* $P_{вых} = 0{,}7$ *ва*; $F_н = 100$ *гц*; $R'_н = 200$ *ом*; $R_н = 6$ *ом*; $I_0 = 98$ *ма*; $I_{mк} = 92$ *ма*.

Определяем:

$$L_1 = \frac{220}{4 \cdot 100} = 0{,}55 \; гн; \quad q = \frac{(98)^2\, 0{,}55}{3\,000} = 1{,}75 \; см^2.$$

Выбираем сердечник Ш-11 с $l_м = 10$ *см*.

$$w_1 = 600 \sqrt{L_1 \frac{l_м}{q}} = 600 \sqrt{\frac{0{,}55 \cdot 10}{1{,}75}} = 1\,060 \text{ витков};$$

$$n = \sqrt{\frac{220 \cdot 0{,}75}{6}} = 5{,}25; \quad w_2 = \frac{1\,060}{5{,}25} = 200 \text{ витков};$$

$$d_1 = 0{,}02 \sqrt[4]{(98)^2 + \frac{(92)^2}{2}} = 0{,}22 \; мм; \qquad d_2 = 0{,}8 \sqrt[4]{\frac{0{,}7}{3}} = 0{,}4 \; мм;$$

$$D = 1\,100 \cdot 93 \cdot 10^{-6} = 0{,}1 \; мм.$$

Двухтактный выходной каскад с общей базой в режиме класса В

Мощность, отдаваемая каскадом,

$$P_{отд} = \frac{P_{вых}}{\eta_{тр}}.$$

Напряжение на коллекторе выбирают в большинстве случаев

$$U_{к0} = \frac{U_{к\,макс}}{2}.$$

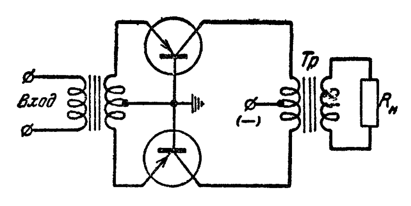


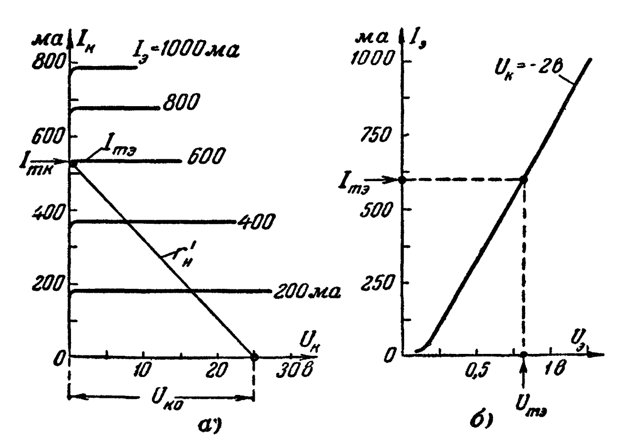
Схема двухтактного выходного каскада с общей базой.

Сопротивление нагрузки цепи коллектора по переменному току, приведенное к одному плечу схемы,

$$r'_н = \frac{U_{к0}^2}{2P_{отд}}.$$

Амплитудное значение тока коллектора

$$I_{mк} \approx \frac{U_{к0}}{r'_н} \approx I_{к.макс}.$$



Характеристики триода П3 для схемы с общей базой (к расчету режимов двухтактного каскада).
а — семейство выходных характеристик; б — входная характеристика.

На семействе выходных характеристик через точки $U_{к0}$ и $I_{mк}$ проводят динамическую характеристику для одного плеча схемы $r'_н$. В качестве динамической арактеристики входной цепи с достаточной для практики точностью можно принять входную характеристику при минимальном коллекторном напряжении

Для получения амплитуды тока коллектора $I_{mк}$ необходима амплитуда тока $I_{mэ}$. По входной характеристике определяем $U_{mэ}$. Мощность, потребляемая входом,

$$P_{вх} = \frac{U_{mэ} I_{mэ}}{2}.$$

Входное сопротивление каждого из триодов

$$R_{вх} = \frac{U_{mэ}}{I_{mэ}}.$$

Нелинейные искажения выходного тока определяются по графику зависимости тока $I_к$ от напряжения $U_и = U_э + I_э R_и$. По заданному выходному сопротивлению предоконечного каскада, пересчитанному во входную цепь оконечного каскада $R_и$, строят указанную зависимость таким же методом, как строилась такая характеристика для

однотактной схемы. По кривой графика определяют токи $I'_{макс}$, I'_1 и I'_0. С учетом коэффициента асимметрии $a = 0{,}05 \div 0{,}1$.

$$I_{макс} = (1 + a) I'_{макс};$$

$$I_1 = (1 + a) I'_1,$$

$$I_0 = (1 + a) I'_0 -$$

$$- (1 - a) I'_0 = 2aI'_0,$$

$$I_2 = -(1 - a) I'_1,$$

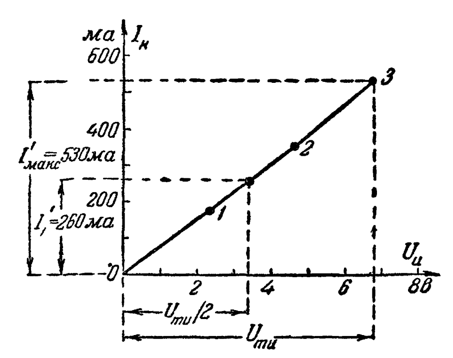


График зависимости тока $i_к$ от напряжения $U_и$.

$$I_{мин} = -(1 - a) I'_{макс}$$

Коэффициент нелинейных искажений (в процентах)

$$K_{нел} = \frac{\sqrt{I^2_{m2} + I^2_{m3} + I^2_{m4}}}{I_{m1}} 100.$$

Пример расчета. *Дано* $P_{вых} = 6$ *ва*, $\eta_{тр} = 0{,}9$. *Определяем*

$$P_{отд} = \frac{6}{0{,}9} = 6{,}7 \text{ ва}.$$

Выбираем триоды П3

$$U_{к0} = \frac{50}{2} = 25 \text{ в}; \quad r'_н = \frac{625}{2 \cdot 6{,}7} = 47 \text{ ом}, \quad I_{mк} = 530 \text{ ма};$$

$$I_{mэ} = 600 \text{ ма}; \quad U_{mэ} = 0{,}8 \text{ в}; \quad P_{вх} = \frac{0{,}8 \cdot 0{,}6}{2} = 0{,}24 \text{ вт};$$

$$R_{вх} = \frac{0{,}8}{0{,}6} \approx 1{,}3 \text{ ом}.$$

Выбираем $R_и = 10$ *ом* и строим кривую зависимости $I_к$ от $U_и$.

$$U_{и1} = 0{,}35 + 0{,}2 \cdot 10 = 2{,}35 \text{ в};$$

$$U_{и2} = 0{,}6 + 0{,}4 \cdot 10 = 4{,}6 \text{ в};$$

$$U_{и3} = 0{,}8 + 0{,}6 \cdot 10 = 6{,}8 \text{ в};$$

$$I'_{макс} = 530\ ма;\quad I'_1 = 260\ ма;\quad I'_0 = 0;$$

$$I_{макс} = (1 + 0{,}1)\,530 = 580\ ма;$$

$$I_1 = (1 + 0{,}1)\,260 = 285\ ма;\quad I_0 = 0;\quad I_2 = -235\ ма;$$

$$I_{мин} = -480\ ма;$$

$$I_{m1} = \frac{(580 + 480) + (285 + 235)}{3} = 530\ ма;$$

$$I_{m2} = \frac{0{,}5\,(580 - 480)}{2} = 25\ ма;$$

$$I_{m3} = \frac{(580 + 480) - 2\,(285 + 235)}{6} = 3{,}3\ ма;$$

$$I_{m4} = \frac{(580 - 480) - 4\,(285 - 235)}{12} = 8{,}3\ ма;$$

$$I_{ср} \approx \frac{I_{m1}}{\pi} = \frac{530}{3{,}14} = 170\ ма;$$

$$K_{нел} = \frac{\sqrt{(25)^2 + (3{,}3)^2 + (8{,}3)^2}}{530}\,100 = 5\%.$$

$$P_0 = 2I_{ср}U_к = 2 \cdot 0{,}17 \cdot 25 = 8{,}5\ вт.$$

$$\eta = \frac{P_{вых}}{P_0}\,100 = \frac{6}{8{,}5}\,100 = 70\%.$$

Двухтактный выходной каскад с общим эмитером в режиме класса АВ

$P_{отд}$, $U_{к0}$ и $r'_н$ определяются так же, как и в каскаде по схеме с общей базой.

В качестве динамической характеристики входной цепи принимают входную характеристику при минимальном коллекторном напряжении (кривая *II*). Начальное смещение на базе триодов определяется продолжением линейного участка кривой *I* до пересечения с осью $U_б$ (точка *Б*). Из точки *Б* восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривой *I*. Координаты точки *A'* определяют начальный ток I_0 и начальное смещение $U_{б0}$. Точку *A'* сносят на выходную характеристику. Пересечение горизонтали из точки *A'* и перпендикуляра из

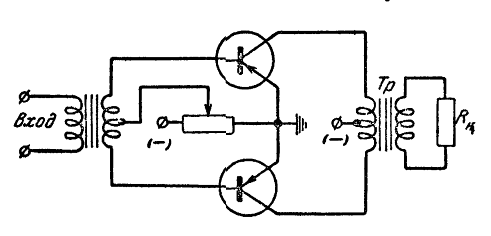


Схема двухтактного выходного каскада с общим эмитером.

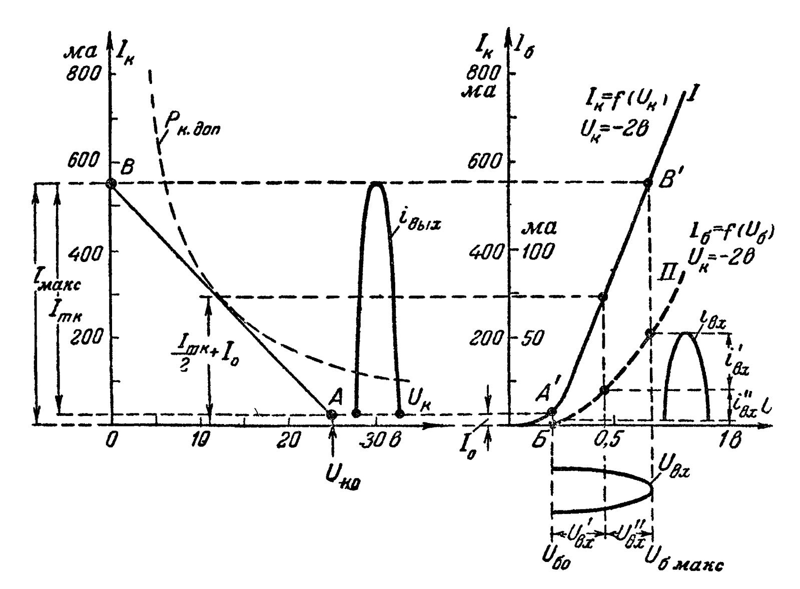


График для расчета двухтактного выходного каскада с общим эмитером (для триодов П3).

точки $U_{к0}$ дает рабочую точку A. Динамическую характеристику проводят через эту точку. Точка ее пересечения с осью коллекторного тока определяет максимальный коллекторный ток $I_{макс}$.

Амплитуда коллекторного тока

$$I_{тк} = I_{макс} - I_0.$$

Среднее значение входного сопротивления

$$R_{вх} = \frac{U_{m\,вх}}{I_{m\,вх}},$$

где $U_{m\,вх}$ и $I_{m\,вх}$ — амплитудные значения входного напряжения и тока (определяются по графику).

Мощность, потребляемая входом,

$$P_{вх} = \frac{U_{m\,вх} I_{m\,вх}}{2}.$$

Задаваясь неискаженным выходным током $i_{вых}$ с амплитудой $I_{тк}$, определяют (по графику) входное напряжение $U_{вх}$ и входной ток $i_{вх}$.

Нелинейные искажения (в процентах) входного напряжения и входного тока

$$K_{нел.н} = \frac{1}{2}\left(\frac{U'_{вх} - U''_{вх}}{U'_{вх} + U''_{вх}}\right) 100;$$

$$K_{нел.т} = \frac{1}{2}\left(\frac{i'_{вх} - i''_{вх}}{i'_{вх} + i''_{вх}}\right) 100.$$

Внутреннее сопротивление предоконечного каскада, пересчитанное во входную цепь оконечного каскада,

$$R_u = R_{вх} \frac{K_{нел.н}}{K_{нел.т}}.$$

При наличии триодов с одинаковыми характеристиками полученное значение R_u обеспечивает коэффициент нелинейных искажений порядка 1,5—3%. Использование триодов с неодинаковыми характеристиками требует учета коэффициента асимметрии a. В этом случае нелинейные искажения определяются по графику зависимости тока $I_к$ от напряжения $U_u = U_{вх} + I_{вх} R_u$.

Среднее значение коллекторного тока

$$I_{к.ср} \approx \frac{I_{макс}}{\pi}.$$

Мощность, потребляемая от источника питания,

$$P_{ср} = 2I_{к.ср} U_{к0}.$$

Коэффициент полезного действия (в процентах) выходной цепи

$$\eta = \frac{P_{вых}}{P_{ср}} 100.$$

Пример расчета. *Дано*: $P_{вых} = 6$ *ва*; $\eta_{тр} = 0{,}9$.

Определяем:

$$P_{отд} = \frac{6}{0{,}9} = 6{,}7 \text{ ва}.$$

Выбираем триоды П3 (считаем, что характеристики обоих триодов одинаковы).

$$U_{к0} = 25 \text{ в}; \quad r'_н = \frac{625}{2 \cdot 6{,}7} = 47 \text{ ом};$$

$$U_{б0} = 0{,}2 \text{ в}; \quad I_0 = 25 \text{ ма}; \quad I_{mк} = 525 \text{ ма};$$

$$R_{вх} = \frac{0{,}44}{0{,}05} \approx 9 \text{ ом}; \quad P_{вх} = \frac{0{,}44 \cdot 0{,}05}{2} = 22 \cdot 10^{-3} \text{ вт};$$

$$K_{нел.н} = \frac{1}{2}\left(\frac{12-10}{12+10}\right)100 = 4,5\%; \quad K_{нел.т} = \frac{1}{2}\left(\frac{13-7}{13+7}\right)100 = 15\%;$$

$$R_и = 9\frac{4,5}{15} \approx 3 \ ом: \quad I_{к.ср} = \frac{550}{3,14} = 175 \ ма;$$

$$P_{ср} = 2 \ 0,175 \cdot 25 = 8,8 \ вт; \quad \eta = \frac{6}{8,8}100 = 68\%.$$

Расчет выходного трансформатора для двухтактного каскада

Индуктивность (в генри) первичной обмотки

$$L_1 = \frac{2r_н'}{4F_н},$$

где $r_н'$ — сопротивление нагрузки для одного плеча, *ом*;
$F_н$ — нижняя пропускаемая частота, *гц*.

Минимальное сечение (в квадратных сантиметрах) сердечника

$$q = \frac{P_{вых}}{F_н}(15 \div 25),$$

где $P_{вых}$ — выходная мощность, *вт*.

Число витков первичной обмотки

$$w_1 = 350\sqrt{\frac{L_1 l_м}{q}},$$

где $l_м$ — средняя длина магнитной силовой линии, *см*.

Коэффициент трансформации

$$n = \sqrt{\frac{2r_н' \eta_{тр}}{R_н}},$$

где $\eta_{тр} = 0,85 \div 0,9$ — к. п. д. выходного трансформатора.

Число витков вторичной обмотки

$$w_2 = \frac{w_1}{n}.$$

Сопротивление (в омах) провода первичной обмотки

$$r_1 = r_н'(1 - \eta_{тр}).$$

Диаметр (в миллиметрах) провода первичной обмотки

$$d_1 = 0,02\sqrt[4]{I_0^2 + \frac{I_{тк}^2}{2}},$$

где $I_{тк}$ — амплитуда коллекторного тока, *ма*;
I_0 — постоянная составляющая коллекторного тока (в режиме класса АВ), *ма*.

Диаметр (в миллиметрах) провода вторичной обмотки

$$d_2 = 0{,}7 \sqrt[4]{\frac{P_{вых}}{R_н}}.$$

Пример расчета. *Дано* $P_{вых} = 6$ *ва*, $F_н = 100$ *гц*, $r'_н = 47$ *ом*; $R_н = 6$ *ом*, $I_0 = 25$ *ма*, $I_{mк} = 525$ *ма*, $\eta_{тр} = 0{,}9$.

Определяем

$$L_1 = \frac{2\ 47}{4\ 100} \approx 0{,}24\ гн, \quad q = \frac{6}{100}\ 15 = 0{,}9\ см^2.$$

Выбираем сердечник Ш-11 с $l_м = 10$ *см*

$$w_1 = 350 \sqrt{\frac{0{,}24\ 10}{0{,}9}} = 570 = 2 \times 285\ витков, \quad n = \sqrt{\frac{2\ 47\ 0{,}9}{6}} = 3{,}7;$$

$$w_2 = \frac{570}{3{,}7} = 154\ витка, \quad d_1 = 0{,}02 \sqrt[4]{25 + \frac{(525)^2}{2}} \approx 0{,}4\ мм;$$

$$d_2 = 0{,}7 \sqrt[4]{\frac{6}{6}} = 0{,}7\ мм.$$

5-34. ПРЕДОКОНЕЧНЫЕ УСИЛИТЕЛИ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ТРИОДАМИ

Усилитель для однотактного выходного каскада

Коэффициент трансформации междукаскадного трансформатора *Тр*

$$n = \sqrt{\frac{R_{вых2} + r_1}{R_и - r_2}},$$

где $R_и$ — сопротивление выходной цепи предоконечного каскада, пересчитанное во входную цепь оконечного каскада,
r_2 — активное сопротивление вторичной обмотки,
r_1 — активное сопротивление первичной обмотки;
$R_{вых2}$ — выходное сопротивление предоконечного каскада.

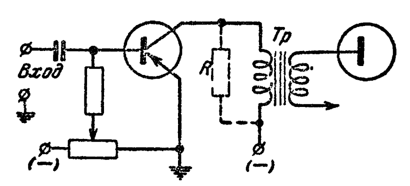


Схема предоконечного каскада с общим эмиттером.

Активное сопротивление первичной обмотки

$$r_1 = \frac{R_{вых2}}{2\eta_{тр}}(1 - \eta_{тр}),$$

где $\eta_{тр} = 0{,}8 \div 0{,}9$ — к. п. д. междукаскадного трансформатора.

Активное сопротивление вторичной обмотки

$$r_2 = R_{вх1} \frac{1-\eta_{тр}}{2\eta_{тр}},$$

где $R_{вх1}$ — входное сопротивление оконечного каскада.

Выходное сопротивление предоконечного каскада

$$R_{вых2} = \frac{r_к}{r_э + r_б + R_{и2}} [r_э + (r_б + R_{и2})(1-\alpha)],$$

где $R_{и2}$ — внутреннее сопротивление источника сигнала предоконечного усилителя (в данном случае можно принять $R_{и2} = R_{вх2}$).

Вследствие большого значения $R_{вых2}$ индуктивность первичной обмотки получается также большой. Для уменьшения этой индуктивности иногда целесообразно параллельно первичной обмотке междукаскадного трансформатора включить в цепь коллектора сопротивление R (на схеме показано пунктиром). В этом случае выходное сопротивление предоконечного каскада

$$R'_{вых2} = \frac{R_{вых2} R}{R_{вых2} + R}.$$

Включение сопротивления R, кроме того, позволяет увеличить амплитуду коллекторного тока.

Входное сопротивление предоконечного каскада

$$R_{вх2} = r_б + r_э\left(1 + \frac{\alpha}{1-\alpha}\right).$$

Коэффициент усиления по току

$$K_т = \frac{n\alpha}{1-\alpha}.$$

Коэффициент усиления по напряжению

$$K_н = K_т \frac{R_{вх1}}{R_{вх2}}.$$

Коэффициент усиления по мощности

$$K_м = K_н K_т$$

Режим каскада по постоянному току выбирают по графику зависимости

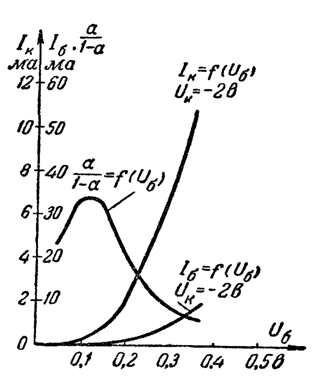


График зависимости $I_к$, $I_б$ и $\frac{\alpha}{1-\alpha}$ от $U_б$ (для триода П2).

$\frac{\alpha}{1-\alpha}$ от $U_б$ и максимально допустимому напряжению на коллекторе $U_{к.макс}$.

Напряжение источника питания коллекторной цепи

$$U_{к0} \leqslant \frac{U_{к.макс}}{2}.$$

Напряжение смещения на базе $U_{б0}$ выбирается по кривой $\frac{\alpha}{1-\alpha} = f(U_б)$. Оно должно соответствовать максимальному значению $\frac{\alpha}{1-\alpha}$.

Конструктивный расчет междукаскадного трансформатора производят аналогично расчету выходного трансформатора для однотактной схемы.

Пример расчета. *Дано*: триод П2 с параметрами $r_э = 40$ *ом*; $r_б = 450$ *ом*; $r_к = 0{,}5$ *Мом* и $\alpha = 0{,}97$; $P_{вх1} = 10$ *мвт*; $R_{вх1} = 2$ *ом*; $R_н = 50$ *ом*.

Определяем:

$$U_{б0} = 0{,}12\ в;\quad U_{к0} = 20\ в.$$

При $R_{н2} = 1\,000$ *ом*

$$R_{вых2} = \frac{500\,000}{40+450+1\,000}\,[40+(450+1\,000)(1-0{,}97)] \approx 28\,000\ ом.$$

Для уменьшения выходного сопротивления включаем сопротивление $R = 10\,000$ *ом*; тогда

$$R'_{вых2} = \frac{28\,000\cdot 10\,000}{28\,000+10\,000} \approx 7\,400\ ом;$$

$$r_1 = \frac{7\,400}{2\cdot 0{,}9}(1-0{,}9) = 410\ ом;\quad r_2 = 2\,\frac{1-0{,}9}{2\cdot 0{,}9} = 0{,}11\ ом;$$

$$n = \sqrt{\frac{7\,400+410}{50-0{,}11}} = 12{,}5;\quad R_{вх2} = 450 + 40\left(1+\frac{0{,}97}{1-0{,}97}\right) \approx 1\,800;$$

$$K_m = \frac{12{,}5\cdot 0{,}97}{1-0{,}97} \approx 400,$$

$$K_н = 400\,\frac{2}{1\,800} \approx 0{,}44;\quad K_м = 400\cdot 0{,}44 \approx 175.$$

Усилитель для двухтактного выходного каскада

Коэффициент трансформации междукаскадного трансформатора (отношение числа витков одной секции вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки)

$$n = \sqrt{\frac{R_{вых2} + r_1}{4R_u - r_2}},$$

где R_u — сопротивление выходной цепи предоконечного каскада, пересчитанное во входную цепь оконечного каскада,

r_2 — активное сопротивление обеих секций вторичной обмотки,

r_1 — активное сопротивление первичной обмотки,

$R_{вых2}$ — выходное сопротивление предоконечного каскада.

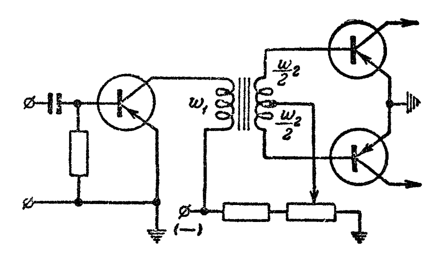


Схема предоконечного каскада для двухтактного усилителя.

В остальном расчет предоконечного каскада для двухтактного выходного каскада производится по формулам расчета предоконечного каскада для однотактного выходного каскада.

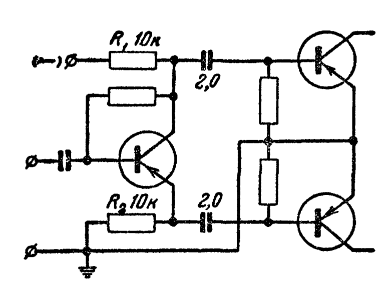
Расчет междукаскадного трансформатора аналогичен расчету трансформатора двухтактного выходного каскада. В качестве сопротивления нагрузки принимают входное сопротивление триода, работающего в выходном каскаде, а коэффициентом трансформации считают отношение числа витков одной секции вторичной обмотки к числу витков первичной обмотки.

5-35. ФАЗОИНВЕРСНЫЕ СХЕМЫ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ТРИОДАМИ

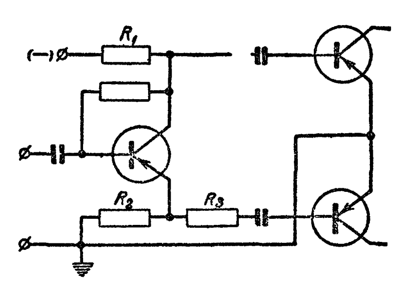
Наиболее простым вариантом фазоинверсной схемы является схема с разделенной нагрузкой. В этой схеме сопротивления R_1 и R_2 должны иметь возможно большие значения, чтобы ток сигнала в основном протекал через входные сопротивления оконечных триодов. Схема характеризуется значительным выходным сопротивлением и несовершенной балансировкой следующего за ней выходного каскада.

Сбалансированная фазоинверсная схема тоже имеет значительное выходное сопротивление, но она обеспечивает баланс выходного каскада. В этой схеме для устранения небаланса выходных токов, вызываемого сопротивлением R_3, сопротивление нагрузки эмитера R_2 делают большим, чем R_1. Соответствующим подбором этих сопротивлений достигается баланс токов и выходных сопротивлений.

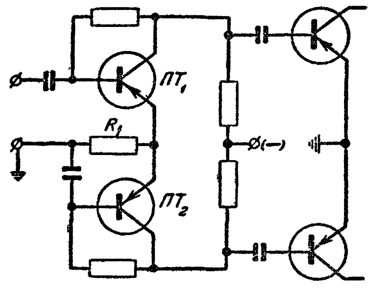
Фазоинверсная схема с автоматическим балансом выходных токов обладает малым выходным сопротивлением. Входной сигнал по-



Фазоинверсная схема с разделенной нагрузкой.



Сбалансированная фазоинверсная схема.



Фазоинверсная схема с автоматическим балансом.

дается на базу триода $ПТ_1$. Сигнал с эмитера этого триода поступает на эмитер триода $ПТ_2$, база которого заземлена для переменного тока. Ток коллектора триода $ПТ_2$ несколько меньше, чем ток эмитера этого же триода, и противофазен с током коллектора триода $ПТ_2$. Для выравнивания токов эмитеров величина сопротивления R_1 берется небольшой. Выходное сопротивление фазоинвертора с триодами П1 — около 100 — 200 *ом*, а входное сопротивление—около 2 — 3 *ком*.

5-36. СТАБИЛИЗАЦИЯ УСИЛИТЕЛЕЙ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ТРИОДАМИ

Вследствие зависимости характеристик полупроводниковых триодов от температуры и большого разброса их параметров каждый каскад усилителя требует индивидуальной стабилизации его рабочей точки. Наиболее распространена стабилизация обратной связью. Кроме того, каждый каскад должен иметь цепи смещения, обеспечивающие выбранный режим триода по постоянному току. В некоторых схемах функции смещения и стабилизации рабочей точки выполняются одними и теми же элементами.

Фиксация рабочей точки в усилителях слабых сигналов

Чтобы установить определенный режим полупроводникового триода, необходимо фиксировать значения постоянных составляющих напряжения и тока на коллекторе ($U_{к0}$ и $I_{к0}$) и базе ($U_{б0}$ и $I_{б0}$).

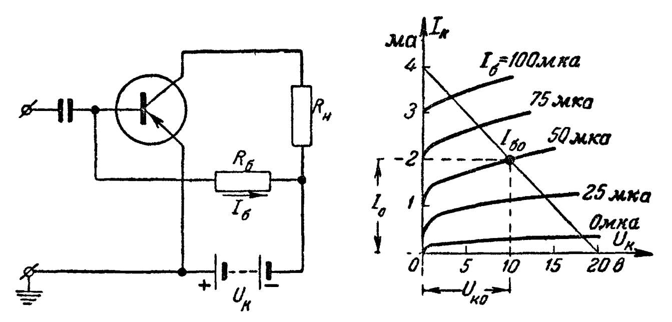


Схема каскада с фиксированным смещением и график для выбора рабочей точки на семействе выходных характеристик.

В каскаде с фиксированным смещением исходная рабочая точка может быть получена путем включения сопротивления

$$R_б = \frac{U_к - U_{б0}}{I_{б0}} \approx \frac{U_к}{I_б}.$$

При таком способе фиксированного смещения рабочая точка весьма чувствительна к изменениям параметров триода.

В каскаде с автоматическим смещением, в котором рабочая точка удерживается за счет обратной связи по постоянному току, сопротивление

$$R_{б\text{-}к} = \frac{U_{к0} - U_{б0}}{I_б} \approx \frac{U_{к0}}{I_б},$$

где $U_{к0}$ — напряжение на коллекторе;

$I_б$ — ток смещения,

$U_{б0}$ — напряжение смещения на базе ($U_{б0} \ll U_{к0}$).

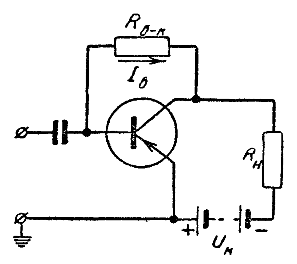


Схема каскада с автоматическим смещением.

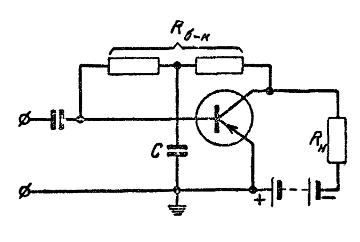


Схема каскада с автоматическим смещением и ослабленной обратной связью по переменной составляющей.

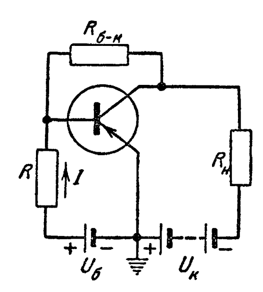


Схема каскада с комбинированным смещением.

Такой способ автоматического смещения создает отрицательную обратную связь как по постоянному, так и по переменному току. Для исключения обратной связи по переменному току может быть использована схема, в которой сопротивление $R_{б\text{-}к}$ делят пополам, и между средней точкой и „землей“ включают емкость C, которая ослабляет обратную связь по переменной составляющей.

При желании управлять раздельно стабилизацией и смещением можно использовать схему каскада с комбинированным смещением В такой схеме дополнительное фиксированное смещение имеет обратную полярность. Это уменьшает величину тока базы, и стабилизирующий ток смещения с коллектора может быть увеличен.

Определение сопротивления $R_{б\text{-}к}$ и тока I, обеспечивающих стабилизацию рабочей точки триодов с различными характеристиками, производится графическим способом Наибольшие допустимые отклонения $U_{к\ макс}$ и $U_{к\ мин}$ отмечаются на соответствующих осях характеристик. Пересечения нагрузочной прямой с уровнями $U_{к.макс}$ и $U_{к.мин}$

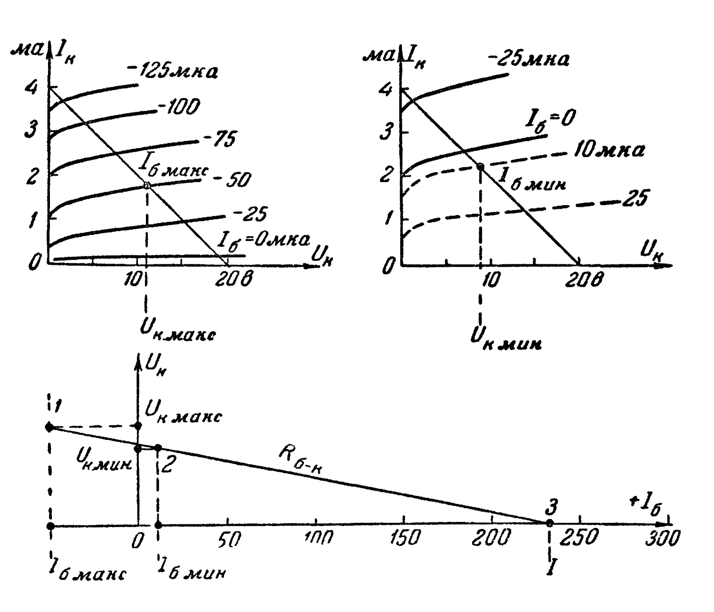


График для определения $R_{б\text{-}к}$ и I.

дают допустимые значения токов базы $I_{б.макс}$ и $I_{б\ мин}$. Эти значения коллекторного напряжения и тока базы наносят на график зависимости напряжения коллектора от тока базы. Через точки пересечения $U_{к\ макс}$ и $I_{б.макс}$ (точка *1*), а также $U_{к.мин}$ и $I_{б.мин}$ (точка *2*) проводят прямую до пересечения с осью $I_б$. Крутизна этой линии смещения равна $R_{б\text{-}к}$ и пересекает ось токов в точке требуемого фиксированного тока смещения I (точка *3*).

Указанные способы фиксации рабочей точки справедливы только для усилителей, у которых в качестве анодной нагрузки включено сопротивление для постоянного тока.

Фиксация рабочей точки в усилителях мощности

В каскадах с трансформаторным выходом стабилизация рабочей точки осуществляется за счет обратной связи по току. Такая обратная связь создается включением сопротивления $R_э$ в цепь эмитера триода. Для ослабления обратной связи по переменной составляющей это сопротивление шунтируют конденсатором $C_э$.

Задаваясь максимальным уходом тока коллектора при известных изменениях статических характеристик, можно графоаналитически определить значения

$$R_э,\ R_б,\ R,\ U_э,\ U_б \text{ и } U_{б\text{-}э}.$$

Определение $R_э$ производится по графику переходных характеристик. На кривой, соответствующей t, отмечают рабочую точку A с координатами $I_к$ и $U_{б\text{-}э}$. Из соображений стабильности задаются током $I'_к$ при температуре t'. Через новую точку A' с координатами

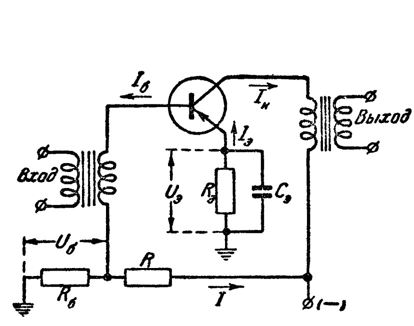


Схема выходного каскада с общим эмитером и обратной связью по току.

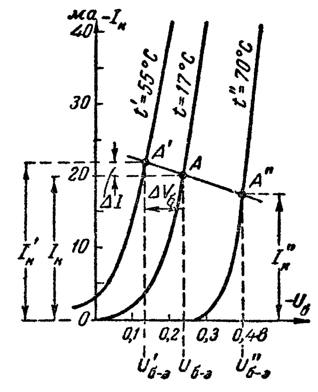


График переходных характеристик при различной температуре окружающей среды (для триода П3).

$I'_к$ и $U'_{б\text{-}э}$ проводят прямую. Наклон этой прямой к оси напряжений или отношение

$$\frac{\Delta U_б}{\Delta I} = R_э.$$

Пересечение прямой и характеристики для t'' отмечено точкой A''. Координаты этой точки $I''_к$ и $U''_{б\text{-}э}$ дают положение рабочей точки при температуре t''.

Напряжение на эмитере

$$U_э = I_к R_э + \frac{I_к R_э}{\frac{\alpha}{1-\alpha}},$$

где $I_к$ — коллекторный ток в начальной рабочей точке;

$\frac{\alpha}{1-\alpha}$ — коэффициент усиления тока от базы к коллектору в схеме с общим эмитером.

Величина начального напряжения смещения $U_{б\text{-}э}$ определяется из графика.

Напряжение на сопротивлении $R_б$

$$U_б = U_э + U_{б\text{-}э}.$$

Напряжение на коллекторе

$$U_к = U_и - U_э,$$

где $U_и$ — напряжение источника питания.

Хорошую стабильность рабочей точки можно получить, если

$$R_б \leqslant R_э.$$

При $R_б = R_э$ сопротивление

$$R = \frac{\frac{\alpha}{1-\alpha} R_б (U_и - U_б)}{\frac{\alpha}{1-\alpha} U_б + I_к R_б}.$$

В выходных каскадах сопротивление

$$R_э = (0{,}1 \div 0{,}15)\, R'_н.$$

Пример расчета. *Дано*: триод П3; $\alpha = 0{,}96$; $U_и = 10$ *в*. *Определяем* (см. график на стр. 223):

$$I_к = 20 \text{ ма} = 0{,}02 \text{ а};\ U_{б\text{-}э} = 0{,}23 \text{ в};\ I'_к = 22 \text{ ма};$$

$$U'_{б\text{-}э} = 0{,}13 \text{ в};\ R_э = \frac{0{,}1}{0{,}02} = 50 \text{ ом};$$

$$U_э = 0{,}02 \cdot 50 + \frac{0{,}02 \cdot 50}{\dfrac{0{,}96}{1 - 0{,}96}} = 1{,}04 \ в;$$

$$U_б = 1{,}04 + 0{,}23 = 1{,}27 \ в; \ U_к = 10 - 1{,}04 = 8{,}96 \ в;$$

$$R_б = 50 \ ом; \ R = \frac{\dfrac{0{,}96}{1 - 0{,}96} 50 (10 - 1{,}27)}{\dfrac{0{,}96}{1 - 0{,}96} 1{,}27 + 0{,}02 \cdot 50} \approx 330 \ ом.$$

С изменением температуры окружающей среды, кроме смещения переходных характеристик, изменяются параметры полупроводникового триода

$$S' = S - \Delta t' \Delta SS,$$

где S' — крутизна при положительной температуре t';

$\Delta t'$ — разность температур $(t' - t_{комн})$.

$$S'' = S + \Delta t'' \Delta SS,$$

где S'' — крутизна при отрицательной температуре t'',

$\Delta t''$ — абсолютное значение разности температур $(-t'' - t_{комн})$.

Примерные значения изменений параметров плоскостных триодов

Параметры	Изменение параметров на 1° С в процентах к значениям при комнатной температуре
$R_{вх}$, *ом*	$\Delta r_{вх} = 1{,}2\%$
S, *ма/в*	$\Delta S = 0{,}3\%$
$R_{вых}$, *ом*	$\Delta r_{вых} = 0{,}5\%$

Таким образом, при наличии стабилизации рабочей точки выходные показатели каскада будут изменяться с изменением температуры окружающей среды.

Для комнатной температуры

$$P_{отд} = \frac{I_{mк}}{2} S R'_н U_{mб},$$

где $I_{mк}$ — амплитудное значение первой гармоники коллекторного тока,

S — крутизна при комнатной температуре,

$R_н$ — сопротивление нагрузки в цепи коллектора;

$U_{mб}$ — амплитудное значение входного напряжения.

Для положительной температуры

$$P'_{отд} = \frac{I_{mк}}{2} S' R'_н U_{mб}.$$

Для отрицательной температуры

$$P''_{отд} = \frac{I_{mк}}{2} S'' R'_н U_{mб}.$$

Здесь $P'_{отд} < P_{отд} < P''_{отд}$.

Чтобы получить неизменную мощность $P_{отд}$, необходимо изменять амплитуду входного напряжения $U_{mб}$:

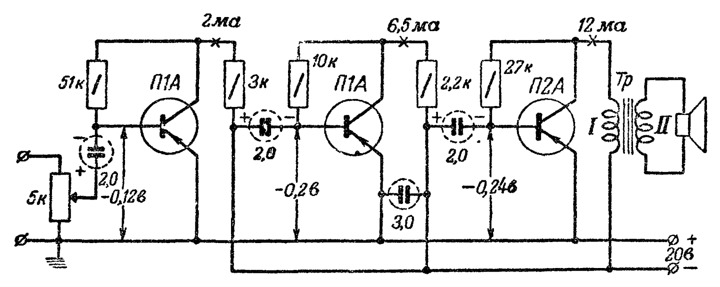
$$U'_{mб} = \frac{2P_{отд}}{S'R'_н I_{mк}}; \quad U''_{mб} = \frac{2P_{отд}}{S''R'_н I_{mк}}.$$

Здесь $U'_{mб} > U_{mб} > U''_{mб}$.

5-37. ПРАКТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ТРИОДАМИ

Усилитель для переносного приемника

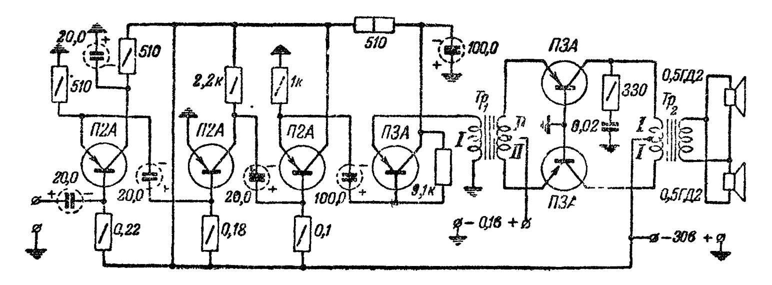
Выходная мощность усилителя около 40 *мвт*. Полоса пропускаемых частот 200—20 000 *гц* с неравномерностью ±3 *дб*. Входное напряжение 5,5 *мв*. Входное сопротивление около 200 *ом*.



Трансформатор *Тр* собран из пластин Ш-6 при толщине пакета 6 *мм*. Обмотка I состоит из 2 000 витков провода ПЭЛ 0,1, а обмотка II — из 70 витков ПЭЛ 0,25 (для нагрузки 6 *ом*).

Полутораваттный усилитель

Напряжение на входе усилителя, необходимое для получения номинальной выходной мощности, равно около 60 *мв*. Коэффициент нелинейных искажений меньше 5%. Полоса пропускаемых частот 70—8 000 *гц* с неравномерностью ±3 *дб*.

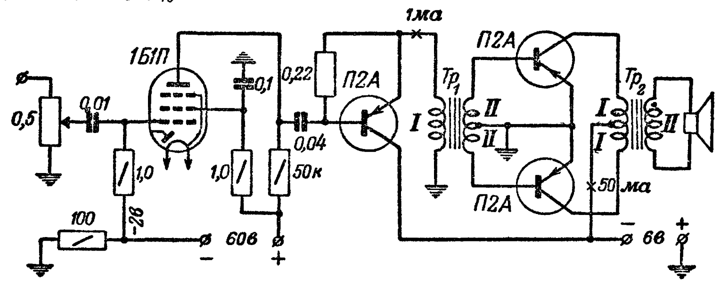


Трансформатор $Тр_2$ собран на сердечнике из пластин Ш-12 (укороченных) при толщине пакета 16 *мм* Обмотка *I* состоит из 2×500 витков провода ПЭЛ 0,25, а обмотка *II* — из 72 витков ПЭЛ 0,55.

Трансформатор $Тр_1$ имеет сердечник из пластин Ш 12 (укороченные) при толщине пакета 16 *мм* Обмотка *I* состоит из 1 200 витков провода ПЭЛ 0,1, а обмотка *II* — из 2×300 витков ПЭЛ 0,25.

Усилитель для комбинированного приемника

Питание оконечного и предоконечного каскадов усилителя осуществляется от четырех последовательно соединенных элементов типа ФБС Выходная мощность 0,15 *вт* при коэффициенте нелинейных искажении меньше 8%.



Входной каскад усилителя выполнен на лампе 1Б1П Анодное питание этой и остальных ламп приемника производится с двух последовательно соединенных батарей типа ГБЦ-СА-30

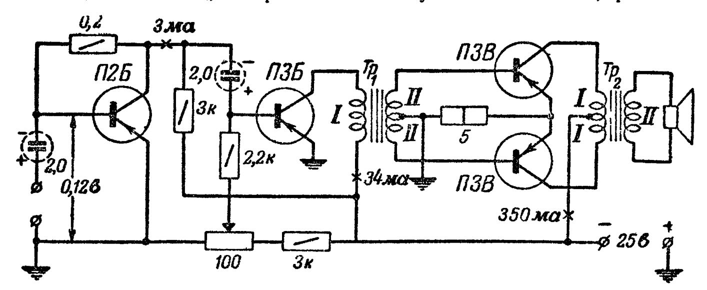
Трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-6 при толщине пакета 6 *мм* Обмотка *I* состоит из 1 500 витков провода ПЭЛ 0,08, а обмотка *II* — из 2×125 витков ПЭЛ 0,15

Трансформатор $Тр_2$ имеет сердечник из пластин Ш 6 при толщине пакета 6 *мм* Обмотка *I* состоит из 2×500 витков провода ПЭЛ 0,1, а обмотка *II* — из 40 витков ПЭЛ 0,35 (для нагрузки 6 *ом*).

Четырехваттный усилитель

Входное сопротивление усилителя около 600 *ом* Напряжение на входе, необходимое для получения номинальной мощности, составляет 20 *мв*.

Выходной каскад, собранный по двухтактной схеме, работает в



режиме класса В Сопротивление 5 *ом* в цепи эмиттеров служит для получения отрицательной обратной связи и температурной стабилизации

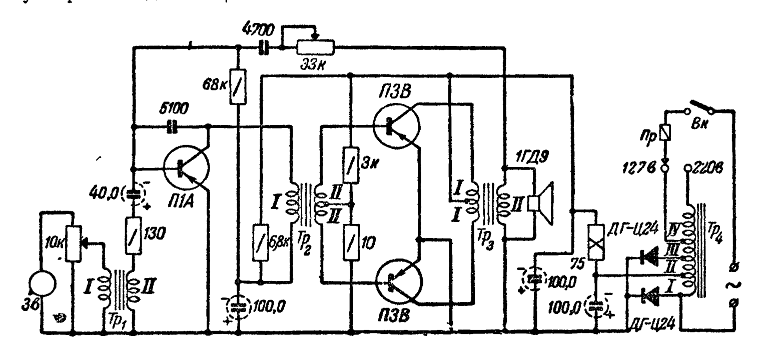
Трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш 12 (укороченных) при толщине пакета 16 *мм* Обмотка *I* состоит из 1 200 витков провода ПЭЛ 0,1, а обмотка *II* — из 2×300 витков ПЭЛ 0,25.

Трансформатор $Тр_2$ имеет сердечник из пластин Ш 12 (удлиненных) при толщине пакета 16 *мм* (пластины собираются вперекрышку) Обмотка *I* состоит из 2×500 витков провода ПЭЛ 0,29, а обмотка *II* (для нагрузки 4 *ом*) — из 20 витков ПЭЛ 0,55

Усилитель для воспроизведения граммофонной записи

Выходная мощность усилителя — около 1,5 *вт* при коэффициенте нелинейных искажений не более 6% Полоса пропускаемых частот составляет 100—6 000 *гц*

Для регулировки тембра в усилителе применена избирательная обратная связь (цепь из переменного сопротивления 33 *ком* и конденсатора 4 700 *пф*). Для коррекции частотной характеристики используется дополнительная обратная связь в первом каскаде (с коллектора на базу через конденсатор 5 100 *пф*)



Для электромагнитного звукоснимателя *Зв* трансформатор $Тр_1$ собирается из пластин Ш-9 при толщине пакета 16 *мм* Обмотка *I* состоит из 1 650 витков, а обмотка *II* — из 480 витков провода ПЭЛ 0,1. Для пьезоэлектрического звукоснимателя обмотка *I* должна состоять из 2 500 витков провода ПЭЛ 0,08, а обмотка *II* — из 75 витков ПЭЛ 0,1 (при том же сердечнике) В этом случае сопротивление регулятора громкости должно быть не 10 *ком*, а 0,5 *Мом*

Трансформатор $Тр_2$ собран на таком же сердечнике Обмотка *I* состоит из 1 650 витков, а обмотка *II* — из 2×165 витков провода ПЭЛ 0,1

Трансформатор $Тр_3$ собран на сердечнике из пластин Ш-9 при толшине пакета 24 *мм* Омотка *I* состоит из 2×500 витков провода ПЭЛ 0,15, а обмотка *II* — из 140 витков ПЭЛ 0,47

Силовой трансформатор (автотрансформатор) $Тр_4$ имеет сердечник из пластин Ш 12 при толщине пакета 24 *мм* Обмотки *I* и *II* содержат по 540 витков провода ПЭЛ 0,25, обмотка *III* — 570 витков того же провода и обмотка *IV* — 1210 витков провода ПЭЛ 0,15.

Преобразователь частоты с внешним гетеродином

Преобразователь предназначен для работы в диапазоне частот сигнала 100 *кгц* — 20 *Мгц* при промежуточной частоте 110 или 465 *кгц*.

Амплитуда напряжения гетеродина должна быть порядка 0,8—1,2 *в*. Отрицательное смещение на базу триода составляет 0,3—0,7 *в*, а на эмиттер 15—27 *в*.

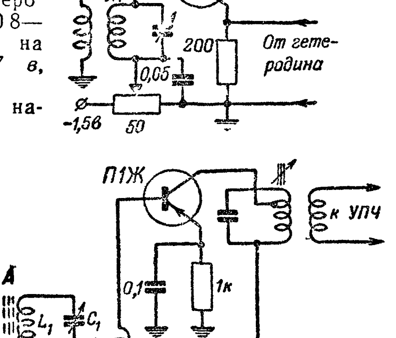
Коэффициент передачи по напряжению 5—10.

Преобразователь частоты с внутренним гетеродином

В этом преобразователе один и тот же триод работает как гетеродин и смеситель. Верхний предел частоты сигнала ограничен частотными пределами триода. Преобразователь надежно работает в диапазоне длинных и средних волн.

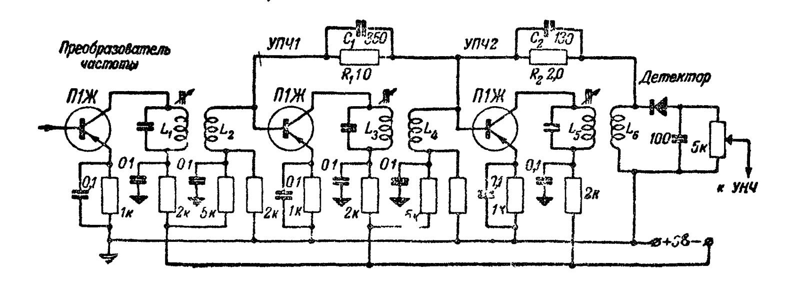
Усилитель промежуточной частоты

Усилитель обеспечивает коэффициент усиления напряжения по промежуточной частоте около 80 *дб*.



А — ферритовая антенна; L_1C_1 — контур преселектора; L_2C_2 — контур гетеродина; L_3 — катушка связи с антенной (для согласования); L_4 — катушка обратной связи гетеродина.

Контуры в коллекторных цепях триодов настроены на промежуточную частоту. Катушки L_3 и L_4 включены противофазно по отношению к катушкам L_1 и L_3. Коэффициент трансформации фильтров промежуточной частоты $n=\left(\frac{5}{1}\div\frac{10}{1}\right)$.



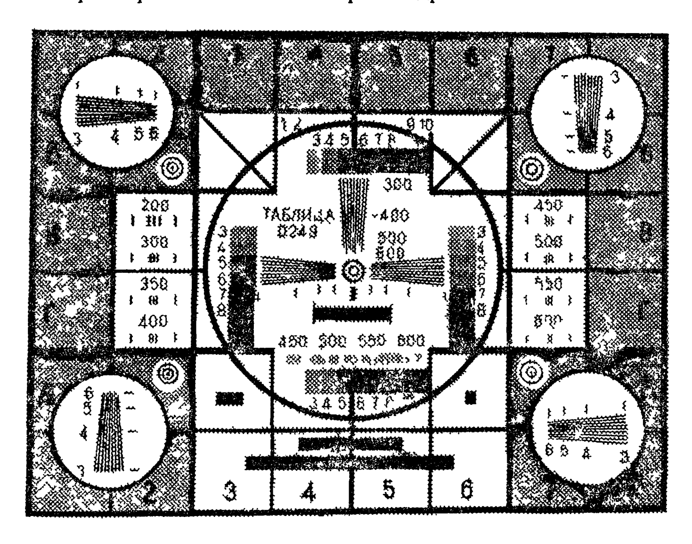
С целью нейтрализации проходной емкости в оба каскада включены нейтрализующие цепи из R_1C_1 и R_2C_2 Емкость нейтрализующего конденсатора должна быть в n раз больше внутренней проходнои емкости, а сопротивление R_1 (или R_2) — в n раз меньше внутреннего активного проходного сопротивления между базой и коллектором триода

ГЛАВА ШЕСТАЯ

ПРИЕМ ТЕЛЕВИДЕНИЯ

6-1 ТЕЛЕВИЗИОННАЯ ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА 0249

Таблица 0249 предназначена для проверки качества изображения на экранах контрольных устройств телевизионного центра и телевизионных приемников Она построена с учетом развертки изображения на 625 строк при соотношении сторон кадра 4 3



Телевизионная испытательная таблица 0249

Четкость

Четкость определяется по вертикальным и горизонтальным клиньям, расположенным в центральном круге испытательной таблицы Предварительно необходимо установить оптимальную фокусировку и при помощи ручек регулировки яркости и контрастности добиться, что бы отчетливо различалось не менее шести градаций

Четкость по горизонтали оценивается по вертикальному клину, а четкость по вертикали — по горизонтальным клиньям.

Четкость изображения (в линиях) устанавливается по отметкам около клиньев, обозначенным цифрами 300, 400, 500 и 600, и отсчитывается по той отметке, против которой черные и белые линии клина перестают быть видимыми раздельно по всей его ширине

Для дополнительного определения четкости по горизонтали служат группы параллельных вертикальных линий в нижней части центрального круга, обозначенные цифрами 450, 500, 550 и 600. Для этого же служат и короткие вертикальные линии, расположенные в квадратах В-2, Г-2, В-7 и Г-7.

Четкость изображения по краям определяется по вертикальным и горизонтальным клиньям с отметками, обозначенными цифрами 3, 4, 5 и 6 (вместо 300, 400 и т. д.), размещенными в окружностях в углах таблицы.

Форма электронного луча

Проверка формы электронного луча в плоскости таблицы производится при помощи концентрических окружностей малого диаметра, расположенных в центре таблицы в квадратах Б-2, Д 2, Б-7 и Д-7. При отсутствии астигматизма, когда сечение луча имеет форму круга, толщина линии остается одинаковой по всей окружности.

Число градаций

Определение числа градаций производится по полоскам, расположенным в большом круге испытательной таблицы. Каждая полоска состоит из десяти прямоугольников со ступенчатым переходом от белого к черному Число различающихся по яркости прямоугольников в градационных полосках дает представление о количестве воспроизводимых полутонов

Чересстрочная развертка

Тонкие диагональные линии в квадратах Б-3 и Б-6 позволяют судить о точности синхронизации чересстрочной развертки При наличии относительного смещения (спаривания) строк наблюдается зубчатость диагональных линий и концы горизонтальных клиньев в центре таблицы начинают веерообразно изгибаться вверх и вниз.

Линейность развертки

При нарушении линейности разверток размеры квадратов, на которые разделена испытательная таблица, перестают быть одинаковыми по всей ее площади и превращаются в прямоугольники Кроме того, заметны искажения формы большого круга в центре и по краям таблицы

Для подсчета нелинейности по горизонтали используются квадраты В-2 и В-7 или Г-2 и Г-7, а для нелинейности по вертикали — квадраты Б-2 и Д-2 или Б-7 и Д-7.

Нелинейность H подсчитывается по формуле

$$H = 2\,\frac{(a_{макс} - a_{мин})}{a_{макс} + a_{мин}}\,100,$$

где $a_{макс}$ и $a_{мин}$ — наибольший и наименьший размеры сторон квадратов.

Частотные и фазовые искажения

О наличии частотных и фазовых искажений в телевизионном тракте на относительно низких частотах можно судить по черным прямоугольникам в крадратах таблицы Д-3, Д-6, Е-3, Е-4, Е-5 и Е-6,

а также центральном круге Такие искажения приводят к появлению светлых полос вправо и влево (или только в одну сторону) от прямоугольников

При частотных и фазовых искажениях на относительно высоких частотах около черных вертикальных или наклонных линий появляется белая окантовка

6-2. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Применяемые системы черно-белого телевидения характеризуются следующими основными параметрами

1) числом строк, на которое разбивается изображение по вертикали;

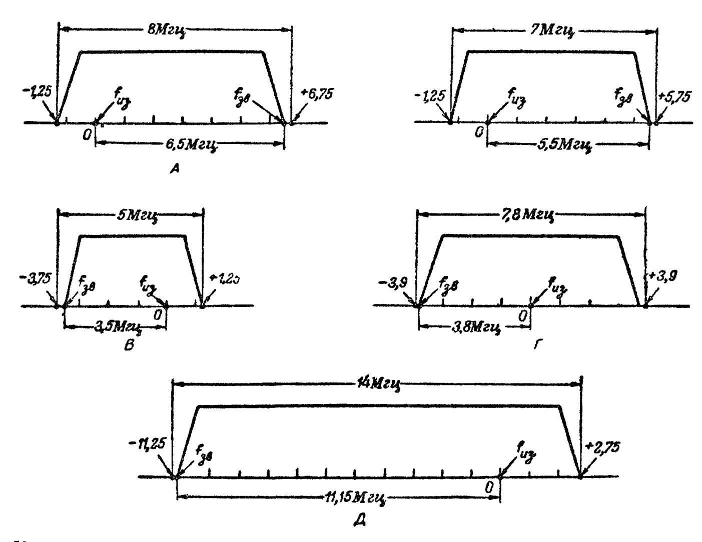
2) количеством кадров в секунду;

3) форматом кадра (отношением ширины изображения к его высоте);

4) методом развертки изображения (развертка производится слева направо и сверху вниз, для уменьшения мелькания используется система чересстрочной развертки, при которой сначала передаются нечетные строки одного кадра, а затем — четные),

5) спектром частот телевизионного канала (шириной полосы, занимаемой в каждом канале передатчиками изображения и звука);

6) разносом несущих частот передатчиков изображения и звука, а также относительным расположением их на шкале частот;



Идеализированные характеристики телевизионной передачи при различных стандартах.

Основные телевизионные параметры в СССР и за рубежом

Параметры	СССР, ГДР, Польша, Чехословакия	Швеция, ФРГ, Дания, Италия, Югославия, Голландия, Австрия, Швейцария	Англия	Бельгия	Бельгия	Франция	Франция, Саар
Стандарт	625	625	405	625	819	441	819
Число строк	625	625	405	625	819	441	819
Число кадров	25	25	25	25	25	25	25
Ширина канала, *Мгц*	8	7	5	7	7	7,8	14
Звуковая несущая, относительно несущей изображения	+6,5	+5,5	—3,5	+5,5	+5,5	—3,8	—11,15
Частота строчной развертки, *гц*	15 625	15 625	10 125	15 625	20 475	11 025	20 475
Система модуляции изображения	АМ	АМ	АМ	АМ	АМ	АМ	АМ
Характеристика передачи изображения (см. рис. на стр. 232)	А	Б	В	Б	—	Г	Д
Полярность модуляции сигналов изображения	Негативная	Негативная	Позитивная	Негативная	Позитивная	Позитивная	Позитивная
Уровень черного, % общего уровня	75	75	30	75	25	30	25
Модуляция звука	ЧМ	ЧМ	АМ	АМ	АМ	АМ	АМ

6-3. КАНАЛЫ ТЕЛЕВИДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СССР[1]

Канал	Полоса частот, *Мгц*	Несущая изображения, *Мгц*	Несущая звука, *Мгц*
1	48,5—56,5	49,75	56,25
2	58—66	59,25	65,75
3	76—84	77,25	83,75
4	84—92	85,25	91,75
5	92—100	93,25	99,75
6	174—182	175,25	181,75
7	182—190	183,25	189,75
8	190—198	191,25	197,75
9	198—206	199,25	205,75
10*	206—214	207,25	213,75
11	214—222	215,25	221,75
12	222—230	223,25	229,75

[1] Каналы 6—12 должны использоваться с 1958 г.
* Предназначен для ретрансляции.

6-4. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ЦЕНТРЫ СССР[1]

Местонахождение	Канал	Местонахождение	Канал
Москва	1, 3	Калинин	2
Ленинград	1	Сталино	4
Киев	2	Барнаул	3
Харьков	3	Ташкент	3
Рига	3	Ереван	1
Свердловск	3	Сталиногорск	5
Томск	1	Тбилиси	4
Омск	1	Рязань	2
Владивосток	1	Воронеж	1
Баку	3	Одесса	5
Минск	1	Новосибирск	2
Таллин	2	Ярославль	2

[1] Сведения на 1/VII 1957 г.

7) характеристикой передачи, которая может быть симметричной, когда излучаются обе боковые полосы, или несимметричной, когда передача производится с частичным подавлением нижней боковой полосы;

6-5. ЗАРУБЕЖНЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ ЦЕНТРЫ

Местонахождение	Несущая частота изображения	Несущая частота звука	Стандарт
Берлин (ГДР)	41,75	48,25	625
Лондон (Англия)	45,00	41,5	405
Париж (Франция)	48,0	42,0	441
Эйндховен (Голландия)	48,25	53,75	625
Берн (Швейцария)	48,25	53,75	625
Белград (Югославия)	48,25	53,75	625
Лютих (Бельгия)	48,25	53,75	625
Бремен (ФРГ)	48,25	53,75	625
Прага (Чехословакия)	49,75	56,25	625
Вена (Австрия)	49,75	56,25	625
Холм Мосс (Англия)	51,75	48,25	405
Кан (Франция)	52,4	41,25	819
Саарбрюкен	52,4	41,25	819
Цюрих (Швейцария)	55,25	60,75	625
Триест	55,25	60,75	625
Бремен (ФРГ)	55,25	60,75	625
Льеж (Бельгия)	55,25	60,75	819
Антверпен (Бельгия)	55,25	60,75	625
Кирк О'Шотс (Англия)	56,75	53,25	405
Берлин (ГДР)	59,25	66,75	625
Варшава (Польша)	59,25	66,75	625
Лейпциг (ГДР)	59,25	66,75	625
Сэттон Колфилд (Англия)	61,75	58,25	405
Стокгольм (Швеция)	62,25	67,75	625
Осло (Норвегия)	62,25	67,75	625
Лопик (Голландия)	62,25	67,75	625
Монте Пениче	62,25	67,75	625
Копенгаген (Дания)	62,25	67,75	625
Ля-Доль (Швейцария)	62,25	67,75	625
Рейхберг (ФРГ)	62,25	67,75	625
Вейво (Англия)	66,75	62,25	405
Турин (Италия)	82,25	87,75	625

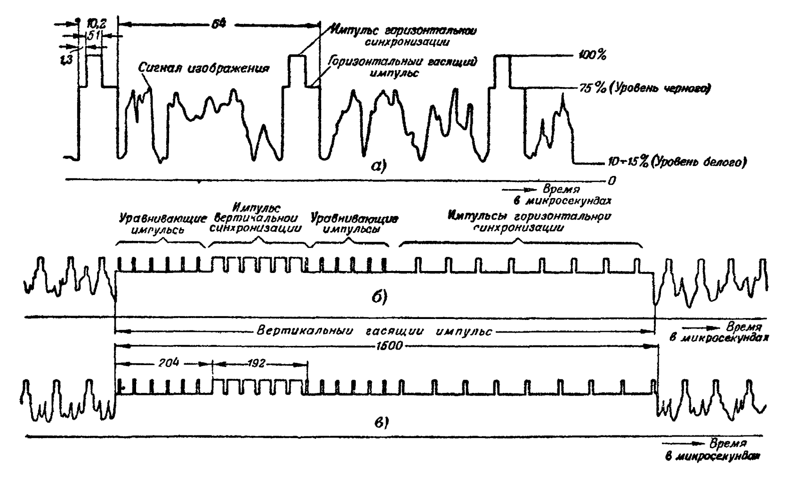
8) полярностью (негативной или позитивной) модуляции сигналов изображения, излучаемых передатчиком при позитивной модуляции светлым частям изображения соответствует наибольшая, а при негативной — наименьшая излучаемая передатчиком мощность.

9) системой модуляции сигналов звукового сопровождения (АМ или ЧМ).

6-6. ФОРМА ВИДЕОСИГНАЛА

Полный видеосигнал состоит из сигналов изображения, а также строчных и кадровых бланкирующих и синхронизирующих импульсов.

Сигнал изображения представляет собой напряжение, величина которого при перемещении луча вдоль строки непрерывно изменяется в соответствии с характером передачи. Это напряжение достигает 75% максимального значения при передаче черных и уменьшается до 10—15% при передаче светлых мест изображения (негативная модуляция).



Форма видеосигнала.

а — при передаче двух строк изображения *б* — для первого полукадра, *в* — для второго полукадра.

Строчные бланкирующие импульсы посылаются после окончания передачи каждой строки. Величина их строго фиксирована на уровне 75% (уровень черного) максимальной амплитуды.

Строчные синхронизирующие импульсы размещаются на строчном бланкирующем импульсе, занимая остающиеся 25% амплитуды. Они регулируют точность начала развертки каждой следующей строки.

Кадровые бланкирующие импульсы посылаются по окончании развертки последней строки (низ изображения). Они запирают луч во время обратного хода, пока он движется снизу экрана вверх, и служат как бы подставкой для импульсов кадровой синхронизации, поднимая их над уровнем сигнала в область «чернее черного».

Кадровый синхронизирующий импульс заставляет луч приемной трубки совершить обратный ход снизу вверх в точном соответствии с перемещением луча в передающей трубке телевизионного центра.

На кадровом бланкирующем импульсе сигналы синхронизации размещаются в следующем порядке сперва идут шесть уравнивающих импульсов с частотой повторения 31 250 *гц*, за ними — шесть широких импульсов, представляющих сигнал кадровой синхронизации, затем — опять шесть уравнивающих импульсов, после чего следуют обычные строчные синхронизирующие импульсы

В связи с применением чересстрочной развертки обратный ход кадровой развертки должен происходить 2 раза в течение передачи полного кадра (сперва — после передачи нечетных, а затем — четных строк) Сначала луч отбрасывается вверх после окончания передачи целой строки, потом — после передачи половины строки

Такая последовательность обеспечивается двумя полукадровыми импульсами, отличающимися один от другого различными сдвигами во времени по отношению к передаче последнего строчного синхронизирующего импульса В первом из них это время соответствует развертке одной строки, а во втором — половине строки

Соответственно оказываются сдвинутыми на половину строки и все другие синхронизирующие импульсы, насаженные на втором полукадровом бланкирующем импульсе

Такая форма сигнала позволяет получить устойчивую чересстрочную развертку, обеспечить непрерывность следования строчных синхронизирующих импульсов во время передачи кадрового бланкирующего сигнала и легко отделить сигналы синхронизации от полного телевизионного сигнала

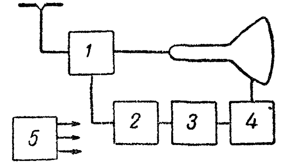
Продолжительность передачи импульсов определена стандартом. Время передачи одной строки (обозначено буквой *H*) составляет 64 *мксек* Соответственно продолжительность передачи строчного бланкирующего импульса составляет 10—11 *мксек*, строчного синхронизирующего импульса — 4,4—5,1 *мксек*, кадрового бланкирующего импульса — 1 500—1 600 *мксек* кадрового синхронизирующего импульса — 192 *мксек* и наконец, уравнивающих импульсов — 2,56 *мксек*

6-7. СКЕЛЕТНЫЕ СХЕМЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

Упрощенная схема телевизионного приемника состоит из блока приемников, блока синхронизации, блока развертки, высоковольтного и низковольтных выпрямителей

Блок синхронизации отделяет сигналы синхронизации строк и кадров от полного телевизионного сигнала и разделяет их друг от друга

Блок развертки создает на экране кинескопа растр Перемещение электронного луча по строкам осуществляется при помощи генератора горизонтального, а по кадрам — генератором вертикального отклонения.



Упрощенная схема телевизионного приемника

1 — блок приемников, *2* — блок синхронизации, *3* — блок развертки *4* — высоковольтный выпрямитель, *5* — низковольтный выпрямитель.

С генератором горизонтального отклонения связан высоковольтный выпрямитель, преобразующий импульсы с частотой 15 625 *гц*, возникающие при обратном ходе луча, в высокое постоянное напряжение для питания анода кинескопа.

Низковольтный выпрямитель питает анодным напряжением и напряжением смещения все блоки приемника.

Блок приемников может быть выполнен либо по схеме с полностью разделенными каналами изображения и звука, либо с частично разделенными каналами, либо с общим каналом избражения и звука.

Схема с полностью разделенными каналами изображения и звука

Усилитель высокой частоты повышает отношение полезного сигнала к уровню шумов и уменьшает излучение гетеродина в антенну, а гетеродин и смеситель преобразуют частоты приходящих сигналов в более низкие промежуточные частоты изображения и звука С этой частью приемника связаны переключатель телевизионных каналов и органы настройки гетеродина.

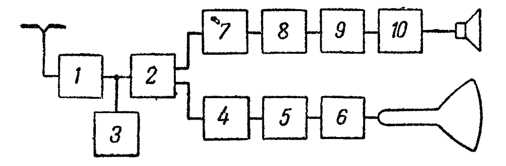


Схема блока приемников с полностью разделенными каналами изображения и звука

1 — усилитель высокой частоты; *2* — смеситель; *3* — гетеродин; *4* — усилитель промежуточной частоты сигналов изображения, *5* — детектор, *6* — видеоусилитель, *7* — усилитель промежуточной частоты звука, *8* — ограничитель; *9* — частотный детектор, *10* — усилитель низкой частоты.

С выхода смесителя промежуточная частота сигналов изображения поступает в канал сигналов изображения, а промежуточная частота звука — в канал звукового сопровождения.

В канале сигналов изображения происходит усиление напряжения промежуточной частоты, выделение видеосигналов и повышение их уровня для модуляции тока луча трубки Этот канал состоит из двух-трех каскадов усиления промежуточной частоты, амплитудного детектора и видеоусилителя Все эти каскады рассчитываются на пропускание полосы частот до 4,5—5,5 *Мгц* С каналом изображения связаны регулировки контрастности и яркости

В канале звукового сопровождения происходит усиление сигналов промежуточной частоты звука, выделение сигналов низкой частоты и усиление их до уровня, необходимого для нормальной работы громкоговорителя Этот канал состоит из двух-трех каскадов усиления промежуточной частоты, частотного детектора и усилителя низкой частоты Для уменьшения искажения из-за колебаний частоты гетеродина усилитель промежуточной частоты рассчитывается на полосу пропускания 300—400 *кгц*

Преобразование частотно модулированных колебании в колебания низкой частоты может осуществляться при помощи либо дискриминатора, либо детектора отношений. Если используется дискриминатор,

то в канал звукового сопровождения вводится ограничитель, устраняющий нежелательные изменения частотно модулированного сигнала.

С каналом звукового сопровождения связаны регулировки громкости и тембра

Схема с частично разделенными каналами изображения и звука

Промежуточная частота звука в этой схеме поступает не с выхода смесителя, а после одного двух каскадов усиления промежуточной частоты сигналов изображения, что дает возможность несколько повысить их уровень.

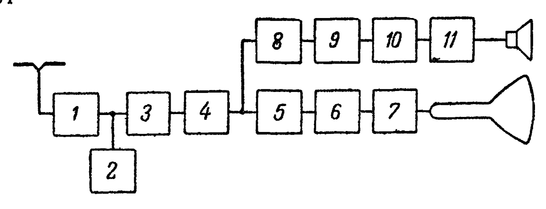


Схема блока приемников с частично разделенными каналами изображения и звука.
1 — усилитель высокой частоты, *2* — гетеродин, *3* — смеситель, *4* — общий каскад сигналов изображения и звука, *5* — усилитель промежуточной частоты канала изображения, *6* — детектор, *7* — видеоусилитель, *8* — усилитель промежуточной частоты звука, *9* — ограничитель, *10* — частотный детектор, *11* — усилитель низкой частоты.

Схема с общим каналом изображения и звука

В этой схеме разделение промежуточных частот звука и изображения происходит после видеодетектора.

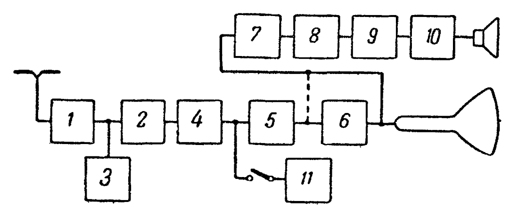


Схема блока приемников с общим каналом изображения и звука
1 — усилитель высокой частоты, *2* — смеситель, *3* — гетеродин; *4* — усилитель промежуточной частоты сигналов изображения, *5* — детектор, *6* — видеоусилитель, *7* — усилитель промежуточной частоты звука, *8* — ограничитель, *9* — частотный детектор, *10* — усилитель низкой частоты, *11* — второй гетеродин

Видеодетектор, кроме выделения видеосигналов, выполняет еще роль смесителя для несущих промежуточных частот звука и изображения На его выходе образуются сигналы с разностной частотой 6,5 *Мгц* Так как одна из промежуточных частот модулирована по амплитуде, а другая — по частоте, этот новый сигнал будет иметь наряду с амплитудной еще и частотную модуляцию (6,5 *Мгц*±75 *кгц*).

Видеосигнал после усиления поступает на управляющий электрод кинескопа, а сигнал 6,5 *Мгц*±75 *кгц* — в звуковой канал, где происхо-

дит подавление изменений амплитуды и преобразование частотной модуляции в колебания звуковой частоты.

Главным преимуществом такой схемы является относительно меньшая зависимость качества звукового воспроизведения от колебаний частоты гетеродина, что особенно важно при приеме на более высокочастотных телевизионных каналах.

Для приема радиовещательных станций в схему вводится второй гетеродин.

Схема прямого усиления с общим каналом изображения и звука

Канал изображения в этой схеме выполнен по схеме прямого усиления. Он содержит обычно три-четыре каскада усиления высокой частоты. После него следуют амплитудный детектор и видеоусилитель. Усиление и детектирование сигналов изображения и звука происходят на частотах принимаемых каналов.

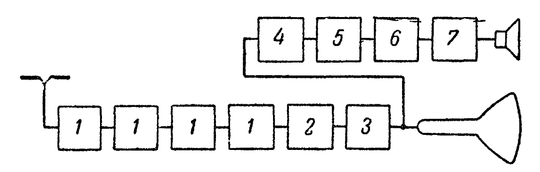


Схема прямого усиления с общим каналом изображения и звука.
1 — каскады усилителя высокой частоты; 2 — детектор; 3 — видеоусилитель; 4 — усилитель промежуточной частоты звука; 5 — ограничитель; 6 — частотный детектор; 7 — усилитель низкой частоты.

6-8. НОРМАЛИЗОВАННЫЕ ДЕТАЛИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

Для кинескопов с углом отклонения 70° и размерами экрана по диагонали 35, 43 и 53 *см* выпускаются нормализованные выходные трансформаторы строчной развертки, отклоняющие системы, трансформаторы блокинг-генератора строчной развертки, регуляторы размера строк, выходные трансформаторы и трансформаторы блокинг-генератора кадровой развертки.

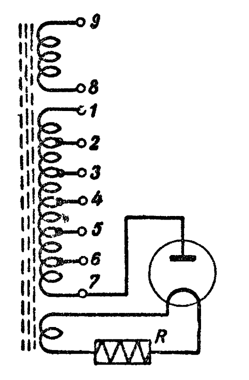
Выходной трансформатор строчной развертки

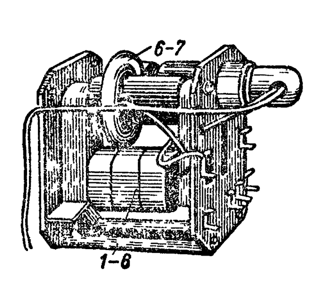
В зависимости от величины сопротивления, включенного в накальные цепи высоковольтного кенотрона, выходные трансформаторы строчной развертки выпускаются двух типов: ТВС-А (для кинескопов с диагональю экрана 35 и 43 *см* при напряжении источника питания 220—230 *в*) и ТВС-Б (для кинескопов с диагональю экрана 53 *см* при напряжении источника питания 280—300 *в*).

Обмотка *1—6* трансформатора намотана в десять рядов на прямоугольном каркасе из бакелитизированной бумаги. Между соседними рядами обмотки проложен слой кабельной бумаги толщиной 0,12 *мм*. Обмотка *8—9* помещена на том же каркасе. Она используется для получения импульсов в случае применения в телевизионном приемнике автоподстройки частоты строк, схемы АРУ и т. п. Обмотка *6—7* («универсаль») намотана на пластмассовом тонкостенном каркасе, имеющем специальный вырез для закрепления на оксиферном сердечнике.

Унифицированный трансформатор строчной развертки.

Обмотка *1 — 6* состоит из 30 + + 105 + 135 + + 270 + 270 витков провода ПЭВ 0,23, обмотка *6 — 7* — из 775 витков ПЭЛШКО 0,12 и обмотка *8—9* — из 60 витков ПЭВ 0,23.





Магнитопроводом служит сердечник из феррита $Ф_1$-1000 сечением 15×15 *мм*².

Кенотрон расположен параллельно оси высоковольтной обмотки. Его ламповая панелька вместе с накальным витком и проволочным сопротивлением R_1 завальцована в алюминиевом колпачке, который находится под высоким напряжением. Сопротивление R_1 в трансформаторе типа ТВС-А равно 2 *ом*, а в ТВС-Б 4 *ом*.

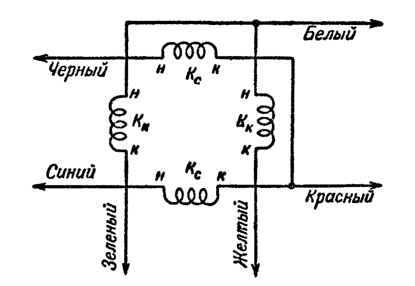
Электрические характеристики блока строчной развертки с нормализованным трансформатором

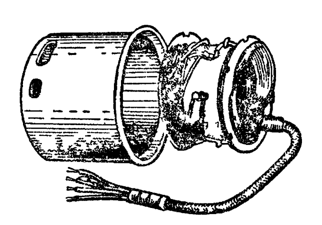
Параметр	Значение параметров при:		
	размере экрана кинескопа по диагонали, *см*		
	35	43	53
	напряжении источника питания, *в*		
	210	250	290
Амплитудное значение анодного тока выходной лампы, *ма*	200	210	235
Эффективное значение анодного тока выходной лампы, *ма*	47	55	65
Эффективное значение тока экранирующей сетки выходной лампы, *ма*	16	18	19
Напряжение экранирующей сетки выходной лампы, *в*	115	125	130
Напряжение вольтодобавки, *в* . . .	505	555	680
Размах тока в строчных отклоняющих катушках, *ма*	750	800	1 000
Ускоряющее напряжение кинескопа, *в*	12,5	14,5	15,5
Внутреннее сопротивление высоковольтного выпрямителя, *Мом* . .	10	10	10

Отклоняющая система

Эта система рассчитана на работу с другими нормализованными деталями (выходными трансформаторами строчной и кадровой развертки и регулятором размера строк).

Отклоняющие катушки строк $К_с$ содержат по 225 витков провода ПЭВ 0,35 (в каждой катушке по пять секций), а катушки кадров $К_к$ — по 170 витков ПЭВ 0,44 (тоже по пять секций в каждой катушке).





Унифицированная отклоняющая система.

Катушки разделяются четырьмя планками, толщина которых подбирается так, чтобы получить минимальную волнистость в левой части растра.

Для повышения эффективности отклоняющей системы применяется оксиферовое кольцо.

Отклоняющая система заключена в цилиндрический алюминиевый тонкостенный кожух диаметром 83 и длиной 65 *мм*.

Трансформатор блокинг-генератора строчной развертки

Трансформатор собран на сердечнике из шести стальных (Э 44-0,1) пластин 10×50 *мм* Сеточная (4,6 *ом*) и анодная (3,6 *ом*) обмотки трансформатора содержат по 150 витков провода ПЭЛ 0,2.

Регулятор размера строк

Регулятор представляет собой катушку с подвижным ферритовым сердечником. Обмотка катушки (3 *ом*) состоит из 300 витков провода ПЭВ 0,31.

Выходной трансформатор кадровой развертки

Трансформатор имеет сердечник сечением 16×33 *мм*², собранный из стальных (Э-310 0,35) пластин Анодная обмотка (1 360 *ом*) трансформатора состоит из 5 000 витков провода ПЭЛ 0,1, выходная обмотка (1,9 *ом*) — из 190 витков ПЭЛ 0,51.

Трансформатор блокинг-генератора кадровой развертки

Трансформатор имеет сердечник сечением 10×12 *мм²*, собранный из стальных (Э-310-0,35) пластин Анодная обмотка (320 *ом*) трансформатора состоит из 1 400, а сеточная (500 *ом*) — из 2 700 витков провода ПЭЛ 0,8.

6-9. СХЕМНЫЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКАХ

В телевизионных приемниках, выпускаемых в настоящее время, широкое распространение получили высокочастотные блоки с переключателями телевизионных программ (ПТП), усилители промежуточной частоты с Т-контуром, автоматическая регулировка усиления, автоматическая подстройка частоты и фазы строчной развертки, схемы помехоустойчивой синхронизации и блоки развертки по строкам и кадрам, использующие нормализованные детали.

Блок ПТП-56

ПТП-56 представляет собой высокочастотный блок с переключателем телевизионных программ, рассчитанный на прием в 12 телевизионных каналах.

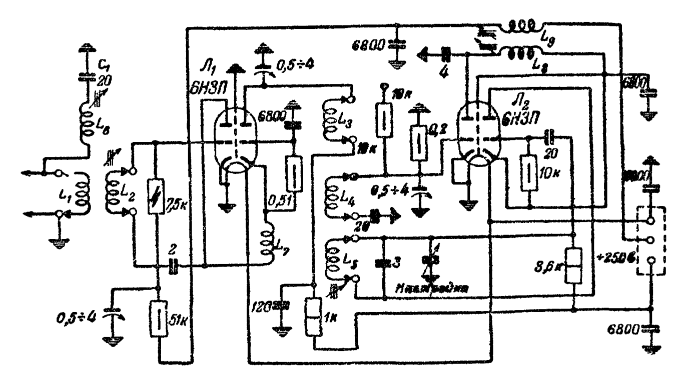


Схема блока ПТП-56.

Для усиления высокочастотных сигналов применена двухкаскадная каскодная схема. Первый каскад с левым триодом лампы $Л_1$ собран по схеме с заземленным катодом, а второй с правым триодом той же лампы — по схеме с заземленной сеткой. Левый триод лампы $Л_2$ работает в схеме смесителя, а правый — в схеме гетеродина. По постоянному току оба триода каждой из ламп соединены между собой последовательно

Режекторный контур C_1L_6 служит для подавления сигнала на частоте 34,25 *Мгц*.

Данные катушек блока ПТП-56

Канал	Катушка	Число витков	Провод	Канал	Катушка	Число витков	Провод
1	L_1	4	ПЭВ 0,51	7	L_1	1	ПЭВ 0,8
	L_2	38	ПЭВ 0,51		L_2	5	ПЭВ 0,51
	L_3	17	ПЭВ 0,31		L_3	3	ПЭВ 0,51
	L_4	17	ПЭВ 0,31		L_4	3	ПЭВ 0,51
	L_5	12	ПЭЛ 0,31		L_5	3	ММ 0,5
2	L_1	3	ПЭВ 0,51	8	L_1	1	ПЭВ 0,8
	L_2	30	ПЭВ 0,51		L_2	5	ПЭВ 0,8
	L_3	13	ПЭВ 0,31		L_3	3	ПЭВ 0,8
	L_4	13	ПЭВ 0,31		L_4	3	ПЭВ 0,8
	L_5	11	ПЭЛ 0,51		L_5	3	ММ 0,8
3	L_1	2	ПЭВ 0,51	9	L_1	1	ПЭВ 0,8
	L_2	22	ПЭВ 0,51		L_2	5	ПЭВ 0,8
	L_3	9	ПЭВ 0,31		L_3	3	ПЭВ 1,0
	L_4	9	ПЭВ 0,31		L_4	3	ПЭВ 1,0
	L_5	8	ПЭЛ 0,51		L_5	3	ММ 0,8
4	L_1	2	ПЭВ 0,51	10	L_1	1	ПЭВ 0,8
	L_2	19	ПЭВ 0,51		L_2	4	ПЭВ 0,4
	L_3	8	ПЭВ 0,31		L_3	2	ПЭВ 0,51
	L_4	8	ПЭВ 0,31		L_4	2	ПЭВ 0,51
	L_5	7	ПЭЛ 0,51		L_5	3	ММ 0,8
5	L_1	2	ПЭВ 0,51	11	L_1	1	ПЭВ 0,8
	L_2	17	ПЭВ 0,51		L_2	4	ПЭВ 0,41
	L_3	7	ПЭВ 0,31		L_3	2	ПЭВ 0,8
	L_4	7	ПЭВ 0,31		L_4	2	ПЭВ 0,8
	L_5	7	ПЭЛ 0,51		L_5	3	ММ 0,8
6	L_1	1	ПЭВ 0,8	12	L_1	1	ПЭВ 0,8
	L_2	5	ПЭВ 0,41		L_2	4	ПЭВ 0,8
	L_3	4	ПЭВ 0,51		L_3	2	ПЭВ 1,0
	L_4	3	ПЭВ 0,51		L_4	2	ПЭВ 1,0
	L_5	3	ММ 0,5		L_5	2	ПЭВ 1,0
—	L_6	9	ПЭЛШО 0,31	—	L_8	15	ПЭЛШО 0,31
	L_7	6	ПЭВ 0,51		L_9	7	ПЭЛШО 0,31

Катушки L_1, L_2, L_3, L_4 и L_5 помещены в секциях барабанного переключателя. Они намотаны на бакелитизированных каркасах диаметром 5 *мм*. Катушка L_1 намотана поверх катушки L_2. Настройка катушки L_2 (на каналах *1—5*) и катушки L_5 (на всех каналах) производится латунными сердечниками.

Катушка L_7 имеет бескаркасную намотку диаметром 5 *мм* (проклеена клеем ДК-20), а катушки L_8 и L_9 намотаны на пластмассовом каркасе диаметром 10 *мм*. Настройка катушек L_6, L_8 и L_9 производится сердечниками СЦР-1.

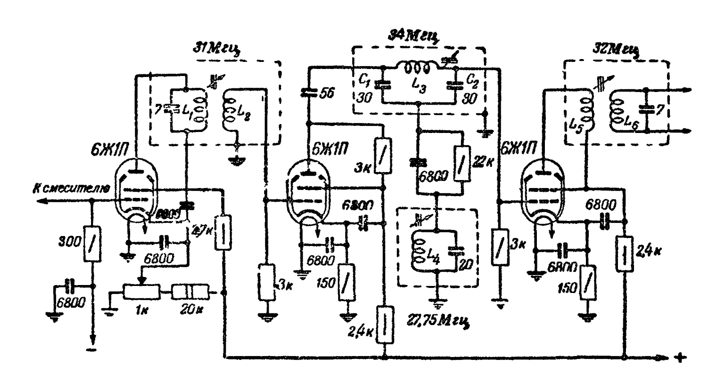


Схема усилителя промежуточной частоты с Т-контуром.

Усилитель промежуточной частоты с Т-контуром

Т-контур представляет собой мост, в одну из диагоналей которого включен контур $L_3C_1C_2$, а в другую — контур с катушкой L_4. При точном балансе моста эти контуры оказываются не связанными между собой, благодаря чему регулировка одного из них не влияет на настройку другого, как это имеет место в полосовых фильтрах.

Регулировкой контура $L_3C_1C_2$ устанавливается положение несущей промежуточной частоты, а контур L_4C_3 настраивается на частоту которая должна быть подавлена.

Данные катушек усилителя с Т-контуром

Катушка	Число витков	Провод
L_1	13	ПЭЛ 0,2
L_2	13	ПЭЛШО 0,23
L_3	9	ПЭЛШО 0,25
L_4	9,5	ПЭЛШО 0,25
L_5	22	ПЭЛШО 0,25
L_6	22	ПЭЛ 0,2

Катушки L_1 и L_2, а также L_5 и L_6 наматываются одновременно в два провода на каркасы диаметром 8,2 *мм*.

Видеоусилитель с АРУ

Цепь АРУ с задержкой, использующая пиковый детектор, состоит из диода $Д_1$, конденсатора C_1 и сопротивления R_1. Для того, чтобы слабые сигналы не вызывали уменьшения усиления, на сопротивление R_1 подается положительное напряжение из цепи экранирующей сетки лампы 6П9.

Напряжение АРУ через развязывающий фильтр (сопротивление 0,27 *Мом* и конденсатор 10 *мкф*) подается на управляющие сетки ламп усилителя промежуточной частоты. Ручная регулировка контрастности производится потенциометром R_2.

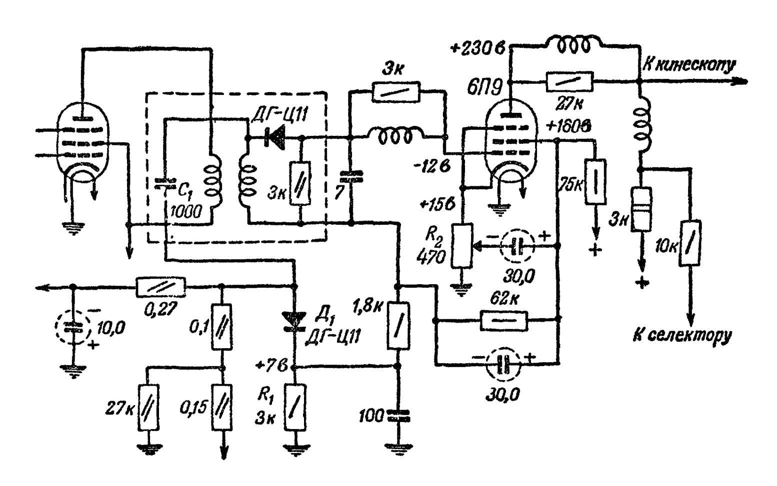


Схема видеоусилителя с АРУ.

Автоматическая подстройка частоты и фазы строчной развертки

Схема автоматической подстройки частоты состоит из фазового дискриминатора на полупроводниковых диодах $Д_1$ и $Д_2$ и усилителя постоянного тока с левым триодом лампы $Л_1$.

На диоды подается пилообразное напряжение, снимаемое с зарядного конденсатора C_2 В точку соединения диодов через дифференцирующую цепь (конденсатор C_1 и сопротивление 15*к*) поступают строчные синхронирующие импульсы В зависимости от соотношения между фазой синхронизирующих импульсов и нулевой точки пилообразной кривой меняется полярность постоянного напряжения на выхо-

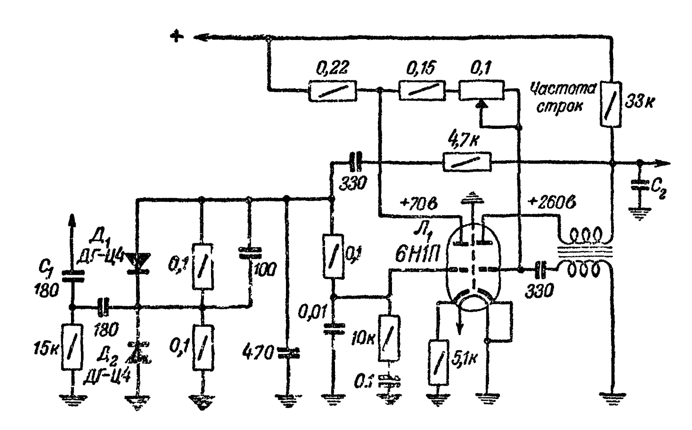


Схема автоматической подстройки частоты и фазы строчной развертки.

де фазового дискриминатора, которое после усиления левым триодом лампы $Л_1$ поступает на управляющую сетку лампы блокинг генератора.

Блокинг-генератор со «звенящим» контуром

«Звенящий» контур образован индуктивностью L_1 и конденсатором C_1 Продифференцированные импульсы строчной синхронизации поступают на сопротивление R_1

Катушки L_2 (12 *мкгн*) с сердечником типа СЦР-1 намотана по типу «универсаль» на каркасе диаметром 12 *мм* проводом ПЭЛШО 0,12 и содержит 1 200 витков

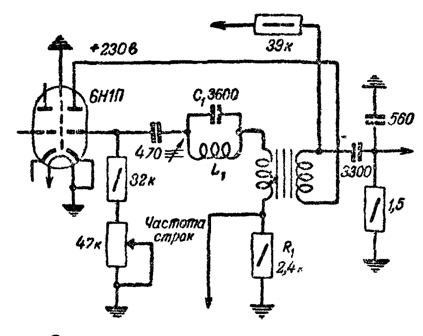


Схема блокинг генератора со „звенящим" контуром.

Блок строчной развертки на нормализованных деталях с помехоустойчивой синхронизацией

В этом блоке левый триод лампы $Л_1$ используется в качестве селектора Режим работы левого триода лампы $Л_1$ подобран так, что триод оказывается запертым в течение почти всего времени пока происходит развертка строки, и отпирается примерно за 2 *мксек* до

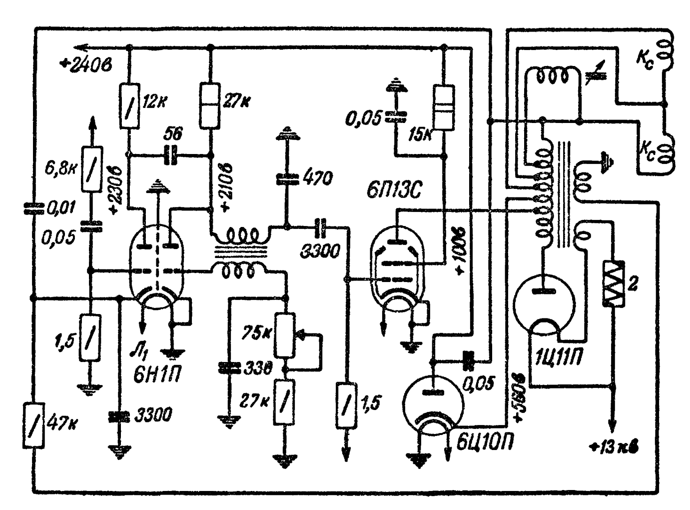


Схема блока строчной развертки на нормализованных деталях с помехоустойчивой синхронизацией.

прихода очередного синхронизирующего сигнала. Отпирание селектора производится специальными импульсами, которые снимаются с обмотки выходного трансформатора строчной развертки.

Блок кадровой развертки на нормализованных деталях

В блоке кадровой развертки на нормализованных деталях для улучшения линейности напряжение на зарядный конденсатор C_2 по-

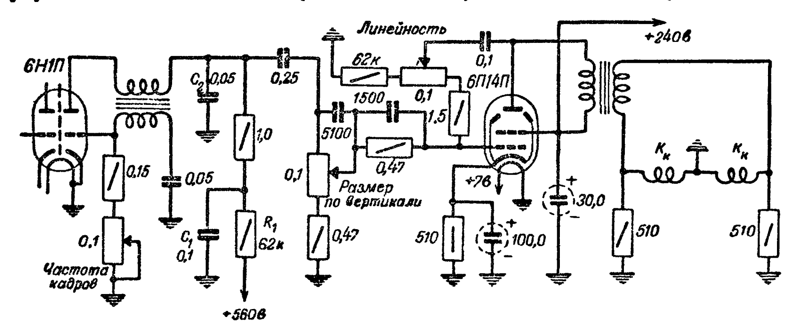


Схема блока кадровой развертки на нормализованных деталях.

дается с конденсатора «вольтодобавки» в цепи строчной развертки через развязку из сопротивления R_1 и конденсатора C_1.

Усилительная телевизионная приставка УПТ

Приставка УПТ позволяет повысить чувствительность телевизионного приемника и производить прием телевизионнных передач на расстоянии 150—200 *км* Она включается между приемником и антенной

Контурные катушки намотаны на каркасах диаметром 9 и длиной 20 *мм* Настройка контуров производится латунными сердечниками.

Данные катушек приставки УПТ

Катушка	Число витков		Провод
	Канал 1	Канал 2	
L_1	16,5	12,5	ПЭЛ 0,93
L_2	10	5	ПЭЛШО 0,27
L_3	21,5	19	ПЭЛШО 0,27
L_4	12	9	ПЭЛ 0,93
L_5	17	14	ПЭЛ 0,93
L_6	11,7	8,5	ПЭЛШО 0,27

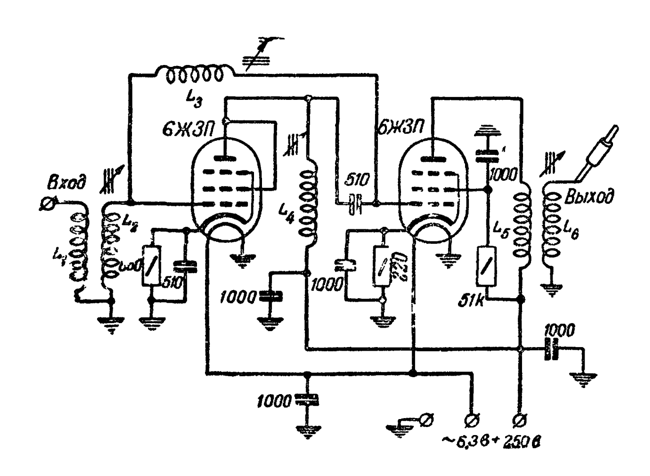


Схема усилительной приставки УПТ.

Приставка пригодна для работы с любым телевизионным приемником, собранным по супергетеродинной схеме.

6-10. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

Телевизионный приемник	Чувствительность не хуже, *мкв*			Число отчетливо различаемых линий				Нелинейность не выше, %		Полоса эффективно воспроизводимых звуковых частот, *гц*	Полоса пропускания по каналу изображения, *Мгц*	Промежуточные частоты, *Мгц*	
				по горизонтали		по вертикали							
	по каналу изображения	по каналу звука	при приеме ЧМ	в центре	на краях	в центре	на краях	по горизонтали	по вертикали			изображения	звука
Т-1 „Москвич“	1 000	750	750	350	300	400	300	—	—	—	3,5	14	7,5
Т-1 „Ленинград“	1 000	800	—	350	300	400	300	—	—	—	3,5	14,5	8
КВН-49	1 000	800	—	350	300	400	350	20	15	120—3 500	3,6	—	6,5
КВН-49-4	1 000	800	—	350	300	400	350	20	15	120—3 500	3,6	—	6,5
КВН-49-М	1 000	800	—	350	300	400	350	20	15	150—3 500	3,6	—	6,5
Т-2 „Ленинград“	500	350	350	400	350	500	350	8	10	80—6 000	4,5	35,5	29
„Авангард“	800	800	—	450	350	500	350	16	15	100—5 000	4,5	34,25	27,75
„Звезда“	1 300	1 000	—	450	350	500	350	16	15	100—5 000	4,5	35,25	28,75
„Беларусь“	800	800	—	450	350	500	350	16	15	—	4,5	34,25	27,75
„Темп“	500	500	—	450	350	500	350	16	12	90—7 000	4,5	34,25	27,75
„Темп 2“	250	250	250	450	350	500	350	16	12	90—7 000	4,5	34,25	27,75
„Экран“ („Север“)	1 000	1 000	500	400	350	500	350	18	12	100—6 000	4	23	16,5
„Луч“ („Зенит“)	1 000	1 000	500	400	350	500	450	20	15	100—6 000	4	22,5	16
„Рембрандт“	500	500	500	400	—	500	—	10	9	60—12 000	4,25	35,5	29
„Авангард-55“	500	500	500	450	350	500	350	16	15	100—5 000	4,5	34,25	27,75
„Рекорд“	200	200	200	400	350	450	400	17	15	100—6 000	4,5	34,25	6,5
„Знамя“ („Союз“)	200	200	200	450	400	500	400	15	12	100—6 000	4,5	34,25	6,5
„Рубин“ („Янтарь“)	200	200	100	500	400	550	400	12	10	80—7 000	5,25	34,25	6,5
„Старт“	200	200	150	400	350	450	400	17	15	100—6 000	—	34,25	27,75
„Темп-3“	100—200	100	160	500	400	550	450	11	9	80—7 000	4,75	34,25	6,5

6-11. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

Телевизионный приемник	Размер изображения, *мм*	Размер футляра, *мм*	Мощность, потребляемая от сети, *вт*		Вес, *кг*	Количество принимаемых телевизионных программ	Количество ламп (без кинескопа)	Количество полупроводниковых диодов	Неискаженная звуковая мощность, *вт*	Вход приемника
			при приеме телевидения	при приеме радиовещания						
Т-1 „Москвич"	100×130	560×390×405	250	—	33	1	21	—	1,5	Несимметричный, 75 *ом*
Т-1 „Ленинград" . . .	105×140	365×675×335	280	—	32	1	22	—	1,5	Симметричный, 75 *ом*
КВН-49	105×140	380×[illegible]0×400	216	—	29	3	16	—	1	Несимметричный, 75 *ом*
КВН-49-4	105×140	380×4[illegible]0×400	200	—	29	3	16	—	1	То же
КВН 49 М	135×180	380×4[illegible]0×400	200	—	29	3	17	—	1	„ „
Т [illegible] „Ленинград" .	135×180	400×780×460	320	120	52	3	32(1[illegible])***	—	2,5	„ „
„Авангард"	180×210	535×445×410	220	—	35	1*	18	4	1	„ „
„Звезда"	195×260	465×430×580	220	—	35	1*	16	3	1	„ „
„Беларусь"	180×240	450×455×545	220	—	35	1*	19	4	1	„ „
„Темп"	240×320	520×570×470	240	—	38	1**	21	3	1	Симметричный, 75 *ом*
„Темп 2"	240×320	520×570×470	240	150	38	1	21(10)***	3	1	Симметричный, 300 *ом*
„Экран" („Север") .	1[illegible]0×240	465×620×450	200	100	35	3	17([illegible])***	—	1	Несимметричный, 75 *ом*
„Луч" („Зенит") . . .	180×270	480×630×450	200	100	35	3	17(8)***	—	2,5	То же
„Рембрандт"	180×240	435×675×450	210	105	35	3	22([illegible]1)***	—	1	„ „
„Авангард-55" . . .	180×240	400×590×510	220	120	35	5	18(8)***	4	1	Симметричный, 300 *ом* и несимметричный 75 *ом*
„Рекорд"	210×280	410×480×380	170	90	23	5	1[illegible](8)***	8	0,5	Симметричный, [illegible]00 *ом*
„Знамя"	255×340	485×[illegible]05×4[illegible]0	1[illegible]0	65	26	5	1[illegible]([illegible])***	5	1	Несимметричный, 75 *ом*
„Рубин"	270×360	485×495×[illegible]20	170	70	28,5	5	1[illegible]([illegible])***	8	—	Симметричный, 300 *ом*
„Союз"	210×280	415×440×4[illegible]0	1[illegible]0	65	23	5	1[illegible]([illegible])***	5	1	Несимметричный, 75 *ом*
„Старт"	220×2[illegible]0	380×418×3[illegible]0	130	60	21	5	1[illegible](7)***	15	1	То же
„Янтарь"	340×450	560×620×670	180	80	40	5	19(11)***	7	4	„ „
„Темп 3" . .	457×345	495×480×450	165	65	30	12	18([illegible])***	13	1	„ „

* Одна из трех программ. ** Одна из пяти программ. *** В скобках указано количество ламп, используемых при приеме радиовещательных станций.

6-12. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРИЕМНЫМ ТЕЛЕВИЗИОННЫМ АНТЕННАМ

Антенно-фидерная система телевизионного приемника в общем случае состоит из антенны, кабеля снижения, соединяющего антенну с приемником, согласующего и симметрирующего устройств

К приемным телевизионным антеннам предъявляются следующие основные требования·

1. Антенна должна обладать полосой пропускания, достаточной для того, чтобы телевизионный сигнал, занимающий полосу частот около 8 *Мгц*, передавался антенной на вход приемника без заметных искажений.

2 Антенна должна быть хорошо согласована с кабелем снижения Отсутствие согласования может повести к появлению повторных изображений на экране телевизора.

3 Схема соединения антенны с кабелем снижения должна быть выполнена так, чтобы токи, наведенные на наружной поверхности оплетки (экране) коаксиального кабеля как полем полезного сигнала, так и полями помех, не попадали на вход приемника Другими словами, антенна должна быть симметрирована Отсутствие симметрии ведет к снижению помехоустойчивости приема, искажению диаграммы направленности антенны и уменьшению коэффициента усиления.

4 Антенны, предназначенные для приема на больших расстояниях от телевизионного центра, должны иметь достаточно большой коэффициент усиления

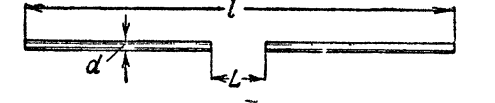
6-13. АНТЕННЫ С МАЛОЙ НАПРАВЛЕННОСТЬЮ

Наружные антенны с малой направленностью — линейный полуволновый вибратор и шлейф вибратор — обычно применяются на расстояниях до 35—40 *км* от телецентра Эти антенны имеют одинаковые диаграммы направленности и одинаковый коэффициент усиления.

При одной и той же напряженности поля антенны, будучи согласованы со входом приемника, выделяют на 75-омном входе одинаковое напряжение На 300-омном входе они выделяют напряжение, вдвое большее, чем в первом случае

Полуволновый линейный вибратор

Вибратор выполняется обычно из стальных, латунных или дюралюминиевых трубок. Его можно изготовить также из металлических полос или уголков.



Полуволновой вибратор. Расстояние L (между торцами трубок) берется в пределах 50—80 *мм*.

Входное сопротивление настроенного в резонанс вибратора равно примерно 73 *ом* Резонансная длина вибратора несколько меньше половины длины волны и может быть рассчитана по формуле

$$l = \frac{\lambda_{ср}}{2}\left(1 - \frac{\Delta\%}{100}\right),$$

где λ_{cp} — длина волны, соответствующая средней частоте телевизионного канала;

$\Delta\%$ — коэффициент укорочения (в процентах).

Длины волн, соответствующие средней частоте каждого телевизионного канала

Каналы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
λ_{cp}, *м*	5,72	4,84	3,75	3,41	3,13	1,68	1,61	1,54	1,48	1,42	1,37	1,32

Примечание.

$$\lambda_{cp} = \frac{300}{\sqrt{f_{из} f_{зв}}},$$

где $f_{из}$ и $f_{зв}$ — несущие частоты (в мегагерцах) изображения и звука данного канала

Величина коэффициента укорочения $\Delta\%$ зависит от отношения d/λ_{cp} (диаметра трубки, из которой выполнен вибратор, к средней длине волны). Определить $\Delta\%$ можно при помощи графика. Зная диаметр трубки и среднюю длину волны телевизионного канала, можно по графику найти $\Delta\%$.

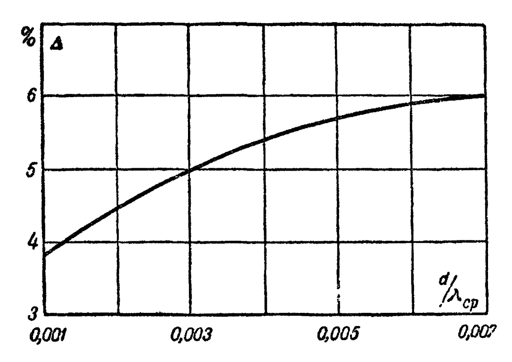
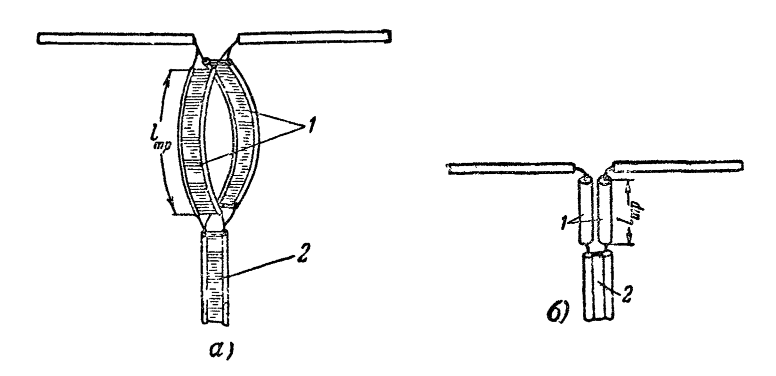


График для определения $\Delta\%$.

Если вибратор изготавливается из металлической полосы, то под его «диаметром» (который нужно знать для определения коэффициента укорочения) следует понимать половину ширины этой полосы.

Чтобы обеспечить нужную полосу пропускания, диаметр трубок вибратора должен быть не меньше 8 *мм*.

Линейный полуволновый вибратор крепится к металлической или деревянной мачте на изоляторах из высокочастотной керамики или пластмассы (допустимо также применять текстолит и бакелизированный гетинакс).



Схемы соединения линейного полуволнового вибратора с 300-омным симметричным кабелем КАТВ при помощи четвертьволновых трансформаторов.
а — с трансформатором из кабеля КАТВ (отрезки кабеля в середине нужно развести на 30—40 *мм*), *б* — с трансформатором из 75-омного коаксиального кабеля; *1* — кабели трансформатора; *2* — кабели снижения.

Этот вибратор может применяться как для телевизора с симметричным 300-омным входом, так и для телевизора с несимметричным (коаксиальным) 75-омным входом

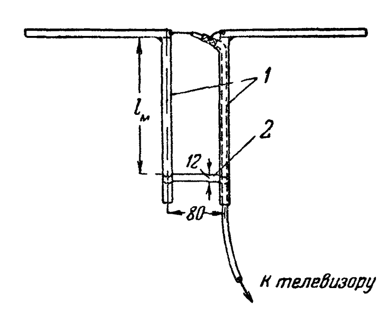
Подключить его к симметричному 300-омному входу приемника можно при помощи симметричного ленточного кабеля марки КАТВ (волновое сопротивление 300 *ом*). Соединение кабеля КАТВ с вибратором производится через симметричный согласующий четвертьволновый трансформатор, который может быть выполнен либо из того же кабеля, либо из двух отрезков коаксиального кабеля, имеющего волновое сопротивление $W=75$ *ом* (например, из кабеля РК-1).

Длины кабелей (в миллиметрах) симметричного четвертьволнового трансформатора

Каналы	1	2	3	4	5	6	7—8	9—10	11—12
$l_{тр}$ (из кабеля КАТВ)	1 200	1 000	780	700	650	350	330	300	280
$l_{тр}$ (из двух отрезков коаксиального кабеля)	950	800	620	560	515	280	260	240	225

Подключение линейного полуволнового вибратора к 75-омному несимметричному входу приемника лучше всего производить коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 *ом* (см. таблицу на стр. 266). Кабель должен быть соединен с вибратором либо через четвертьволновый симметрирующий мостик (см. стр. 269), либо при помощи симметрирующего U-колена, подключенного к вибратору через

симметричный четвертьволновый трансформатор, выполненный из двух отрезков коаксиального кабеля. Схема с U-коленом практически выполняется из двух отрезков того же кабеля, что и снижение.



Линейный полуволновый вибратор с симметрирующим короткозамкнутым четвертьволновым мостиком.

1 — трубки мостика (длина мостика $l_м = \lambda_{ср}/4$); 2 — короткозамыкающая перемычка.

Длины отрезков кабеля L_1 и L_2 для схемы с U-коленом

Канал	l_1, *мм*	l_2, *мм*
1	2 850	950
2	2 400	800
3	1 860	620
4	1 680	560
5	1 545	515
6	840	280
7—8	780	260
9—10	720	240
11—12	675	225

Длины (в миллиметрах) указаны для кабелей с коэффициентом укорочения $1/\sqrt{\varepsilon} = 0{,}66$ (см. стр. 266).

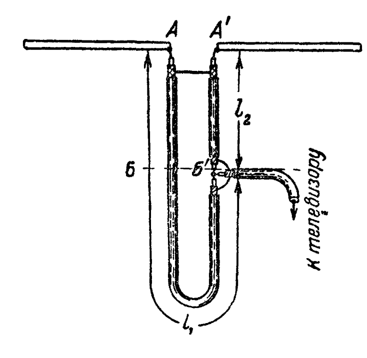


Схема соединения линейного полуволнового вибратора с 75-омным коаксиальным кабелем при помощи U-колена
АБ и *А'Б'* — кабели трансформатора; *ББ'* — U-колено.

Шлейф-вибратор

Резонансная длина шлейф-вибратора определяется по той же формуле, что и для линейного вибратора. Под эквивалентным «диаметром» шлейф-вибратора $d_ш$, который нужно знать для определения коэффициента укорочения, понимают следующую величину.

$$d_ш = \sqrt{2dS},$$

где d — диаметр трубки;

S — расстояние между осями трубок.

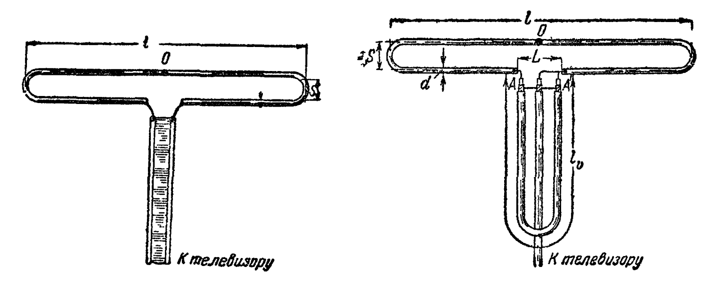


Схема подключения кабеля КАТВ к шлейф-вибратору.

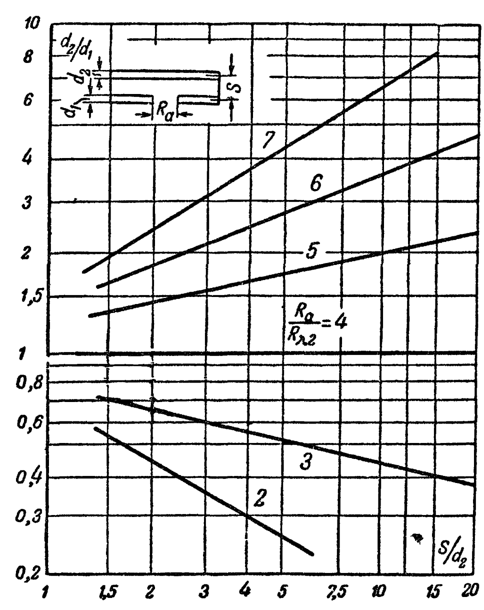
Шлейф-вибратор с симметрирующим U-коленом.
AA' — U-колено, *O* — точка нулевого потенциала.

Определив $d_ш$, можно вычислить отношение $d_ш/\lambda_{ср}$ и по графику на стр. 253 найти коэффициент укорочения вибратора

Длина шлейф вибратора определяется расчетным путем менее точно, чем длина линейного вибратора

В таблице на стр 258 приведены размеры шлейф-вибратора каждого из 12 каналов (размеры *А* и *Б*) при диаметре трубок 10—20 *мм.*

Входное сопротивление шлейф-вибратора, выполненного из двух трубок одинакового диаметра, R_a=292 *ом.* Если шлейф-вибратор



График, выражающий зависимость коэффициента трансформации сопротивления $R_a/R_{\lambda 2}$ от отношения диаметров трубок шлейф-вибратора R_a — входное сопротивление шлейф-вибратора, $R_{\lambda/2}$ = 73,1 *ом.*

выполнен из трубок разных диаметров, то R_a не равно 292 *ом* и может быть определено по графику

Шлейф вибратор, диаметры трубок которого отличаются не более чем в 1,5 раза, может быть подключен к симметричному 300 омному входу приемника при помощи 300-омного кабеля КАТВ.

К несимметричному 75-омному входу приемника подключение такого шлейф-вибратора лучше всего производить 75-омным коаксиальным кабелем при помощи трансформирующего U-колена. Длины кабеля U колена приведены в табл на стр 258 (размер l_v).

Шлейф вибратор может выполняться как из трубок, так и из металлической ленты или уголка. Если трубку при изготовлении вибратора трудно изогнуть, то можно замкнуть концы верхних и нижних трубок прямым отрезком такой же трубки или металлической полоской, ширина которой приблизительно равна диаметру трубки

Крепление шлейф вибратора к любой мачте (деревянной или металлической) производится в точке нулевого потенциала (точка *о*) без изоляторов Шлейф вибратор может быть расположен перпендикулярно мачте в любой плоскости (вертикальной, горизонтальной или наклонной). Важно лишь, чтобы концы трубок вибратора, к которым подключается кабель, не были расположены очень близко к мачте (это приводит к увеличению емкости между концами трубок).

6-14. НАПРАВЛЕННЫЕ АНТЕННЫ

Направленные антенны применяются для приема на расстояниях от телецентра свыше 35—40 *км*, где напряженность поля невелика и требуются антенны с большим усилением, чем полуволновый вибратор Кроме того, направленные антенны полезно применять при наличии помех, близких по частоте к частоте принимаемого сигнала В последнем случае антенну следует ориентировать минимумом диаграммы направленности (направлением минимального приема) на источник помех.

Антенны типа «волновой канал»

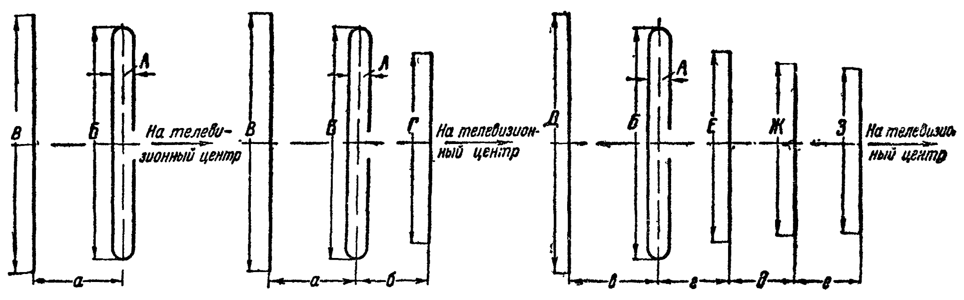
Такие антенны состоят из расположенных на одной стреле активного вибратора (линейного или шлейф-вибратора) и пассивных вибраторов (рефлектора и директоров).

Антенны типа «волновой канал» различаются по числу вибраторов (например, двухэлементная антенна состоит из активного вибратора и рефлектора, пятиэлементная — из активного вибратора, рефлектора и трех директоров).

Длина шлейф вибратора *A* отсчитывается между осевыми линиями загнутых участков трубок Расстояния между трубками отсчитываются между их осями

Подключение коаксиального кабеля к шлейф вибратору многоэлементных антенн производится через U-колено (см рис на стр 256).

Все вибраторы многоэлементной антенны изготавливаются из стальных, латунных или дюралюминиевых трубок диаметром 10—20 *мм* Если в качестве активного вибратора применен шлейф-вибратор, то он, как и пассивные вибраторы, крепится к стреле без изоляторов. Стрела выполняется из металлической трубы или деревянного бруса такого сечения, которое обеспечивает нужную механическую прочность



Схемы расположения вибраторов многоэлементных антенн типа „волновой канал".

Геометрические размеры антенн типа „волновой канал"

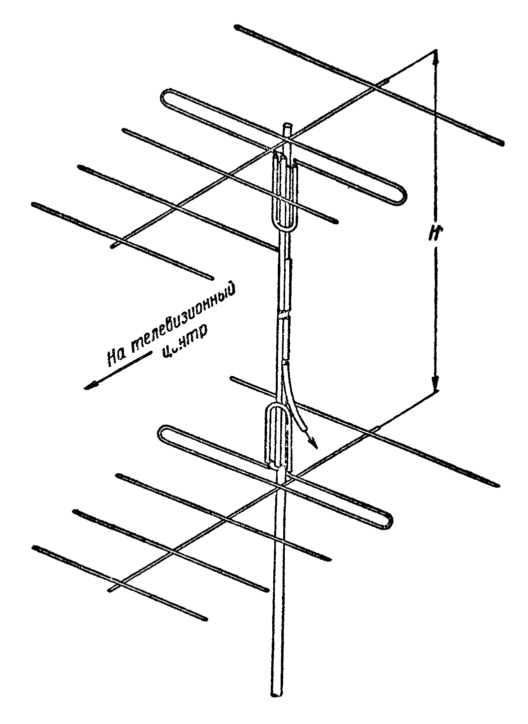
Каналы	Размеры, *мм*														
	А	*Б*	*В*	*Г*	*Д*	*Е*	*Ж*	*З*	*а*	*б*	*в*	*г*	*д*	*е*	l_v
1	70	2760	3350	2340	3130	2510	2490	2430	900	600	1200	730	700	740	1960
2	70	2340	2840	2000	2650	2130	2100	2060	760	510	1030	620	590	625	1600
3	70	1790	2200	1550	2060	1650	1630	1600	590	395	790	480	460	485	1240
4	70	1620	2000	1400	1870	1500	1485	1450	535	355	720	435	420	440	1120
5	70	1510	1830	1290	1710	1370	1360	1330	490	330	660	400	380	400	1030
6	120	710	845	690	845	690	690	690	320	270	320	270	400	400	560
7—8	120	670	800	660	800	660	660	660	305	255	305	255	375	375	525
9—10	120	610	730	595	730	595	595	595	275	230	275	230	345	345	480
11—12	120	565	675	550	675	550	550	550	255	215	255	215	320	320	450

антенны. Стрела с вибраторами устанавливается на металлической или деревянной мачте.

Коэффициент усиления (по напряжению относительно полуволнового вибратора) двухэлементной антенны равен 1,4, трехэлементной — 1,8—1,9 и пятиэлементной — 2,7 .

Двухэтажная пятиэлементная антенна

Эта антенна состоит из двух пятиэлементных антенн типа «волновой канал», установленных на общей мачте и разнесенных по вертикали Коэффициент усиления такой антенны зависит от расстояния H между этажами. При $H = \lambda/2$ коэффициент усиления по напряжению составляет 3,5 (длины волн, соответствующие средним частотам каналов, указаны в таблице на стр. 253), а при $H = \lambda$ он возрастает еще на 20%.



Двухэтажная пятиэлементная антенна.

По конструкции каждый этаж выполнен так же, как отдельная пятиэлементная антенна

Активные вибраторы каждого этажа соединяются со снижением коаксиальными кабелями.

Снижение может быть выполнено из любого кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом*.

Длины соединительных кабелей двухэтажной пятиэлементной антенны

Каналы	Размеры, *мм*		
	l_1 и l_2	l_3	l_4, l_5 и l_6
1	1 900	1 200	950
2	1 600	1 000	800
3	1 240	800	620
4	1 120	700	560
5	1 030	650	515
6	560	350	280
7—8	520	330	260
9—10	480	300	240
11—12	450	280	225

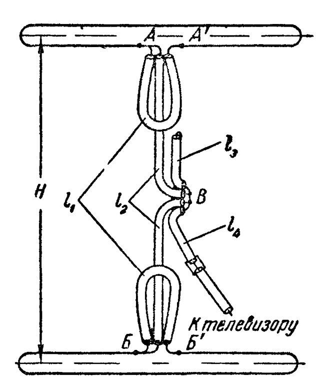


Схема соединения двухэтажной антенны при помощи трансформатора из 50-омного кабеля
На конце кабеля l_3 жила замкнута на оплетку.

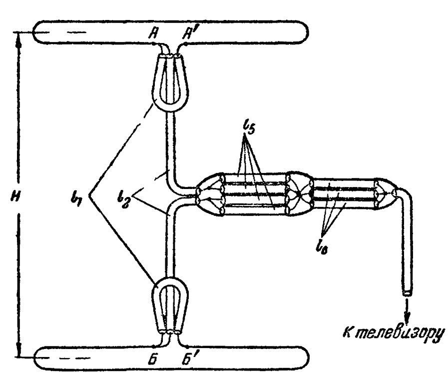
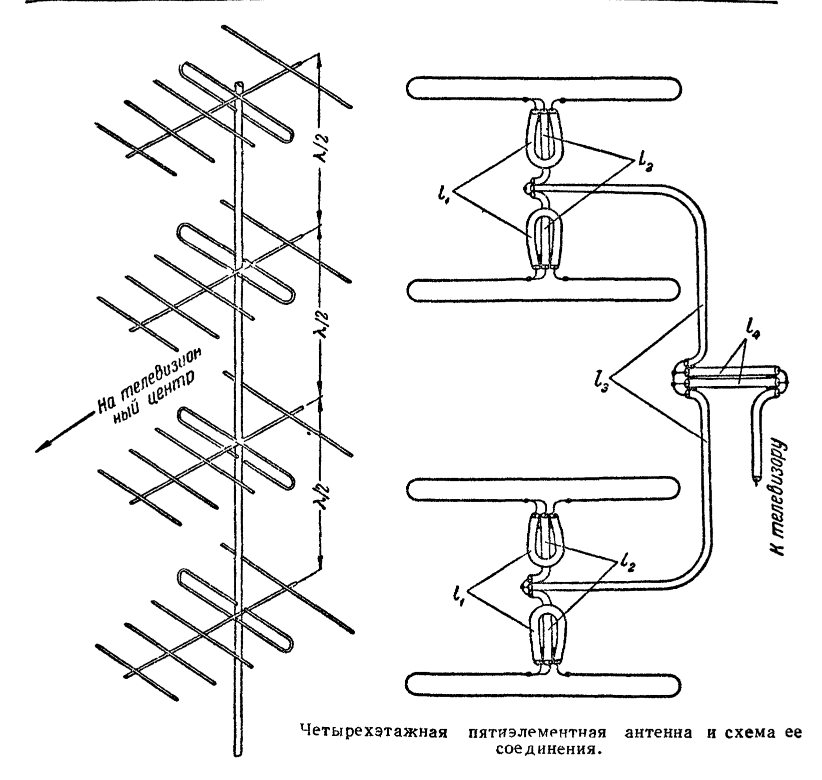


Схема соединения двухэтажной антенны 75-омными кабелями.

В таблице указаны длины отрезков кабеля при $H=\lambda/2$. При $H=\lambda$ нужно удвоить длины отрезков кабеля l_2.

Отрезки l_1, l_2, l_3, l_5 и l_6 — из кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом* (РК-1, РК-3), а l_4 — из кабеля с волновым сопротивлением 50 *ом* (РК-6, РК-19).

Активные вибраторы обоих этажей антенны должны питаться синфазно, что достигается подключением отрезков кабеля l_2 к тем точкам активных вибраторов, которые находятся с одной стороны (либо направо, либо налево в обоих этажах). Например, если верхний отрезок кабеля l_2 подключен к точке *А* верхнего вибратора, то нижний кабель подключить к точке *Б* нижнего вибратора.



Четырехэтажная пятиэлементная антенна и схема ее соединения.

Четырехэтажная пятиэлементная антенна

Антенна состоит из четырех пятиэлементных антенн типа «волновой канал», установленных на общей мачте и разнесенных по вертикали. Размеры вибраторов каждого этажа и расстояния между вибраторами указаны в таблице на стр. 258. Расстояние между этажами $H = \lambda/2$. Коэффициент усиления по напряжению такой антенны равен 5—5,5.

Все соединения внутри антенны выполняются коаксиальным кабелем с волновым сопротивлением 75 *ом*.

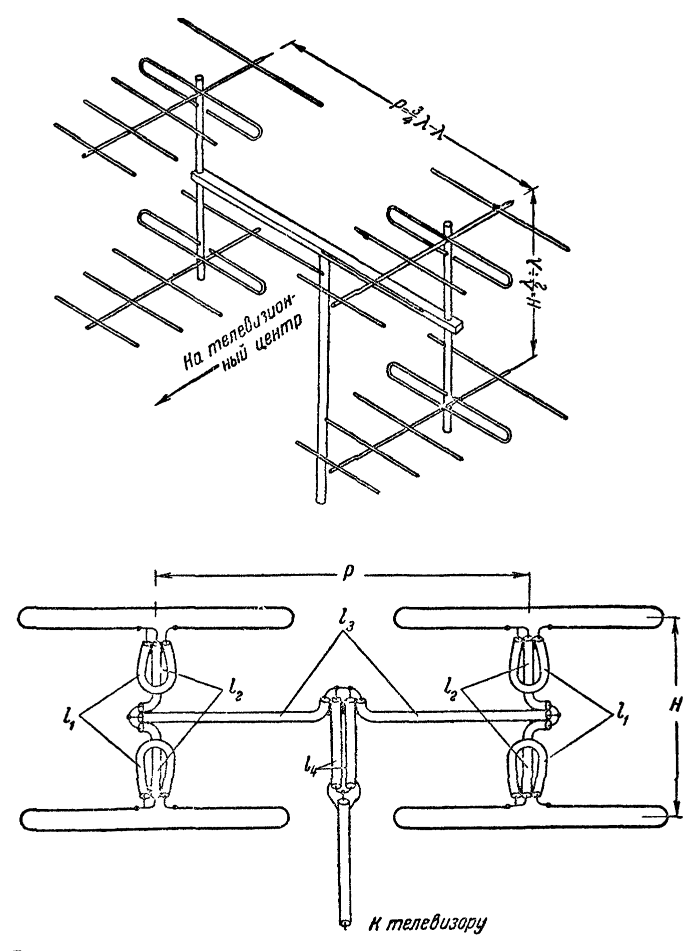
Длины соединительных кабелей четырехэтажной пятиэлементной антенны

Каналы	Размеры, *мм*		
	l_1 и l_2	l_3	l_4
1	1 900	3 800	950
2	1 600	3 200	800
3	1 240	2 480	620
4	1 120	2 240	560
5	1 030	2 060	515
6	560	1 120	280
7—8	520	1 050	260
9—10	480	960	240
11—12	450	900	225

При сборке антенны нужно следить за тем, чтобы активные вибраторы всех четырех этажей антенны соединялись с кабелями синфазно (как и в двухэтажной пятиэлементной антенне).

Двухэтажная двухрядная пятиэлементная антенна

Антенна состоит из четырех пятиэлементных антенн типа «волновой канал».



Двухэтажная двухрядная пятиэлементная антенна и схема ее соединения.

Схема кабельных соединений этой антенны такая же, как и для четырехэтажной пятиэлементной антенны Длины кабелей приведены в табл на стр 261

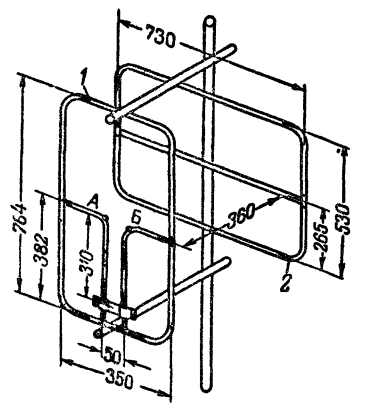
Расстояния между этажами антенны (по вертикали) могут быть в пределах 0,5λ — λ, а между рядами (по горизонтали) — в пределах 0,75λ — λ.

6-15. МНОГОПРОГРАММНЫЕ АНТЕННЫ

Контурно-щелевая антенна с рефлектором на каналы 6—12

Активный элемент антенны представляет собой прямоугольную рамку с размерами примерно $0{,}5\lambda_{ср} \times 0{,}2\lambda_{ср}$ Кабель снижения подключается к серединам длинных сторон рамки через специальное трансформирующее устройство выполненное в виде двух согнутых под прямым углом трубок Рефлектор антенны сделан также в виде прямоугольной рамки, состоящей из трех горизонтальных и двух вертикальных проводников

Вся конструкция антенны может быть выполнена из трубок диаметром 14—20 *мм* или уголков Рефлектор крепится непосредственно на мачте (металлической или деревянной) а активный элемент — на той же мачте при помощи двух стрел



Контурно щелевая антенна на каналы 6—12
1 — активный элемент,
2 — рефлектор
Кабель снижения подключается к точкам *АБ*

При указанных (на рисунке) размерах контурно щелевая антенна перекрывает семь каналов (6—12) с достаточно равномерной частотной характеристикой Коэффициент усиления антенны равен 2 2 и меняется в пределах частот указанных семи каналов не более чем на 10% Входное сопротивление антенны равно 300 *ом*

Симметричный 300 омный кабель подключается к антенне непосредственно а коаксиальный 75 омный — через U колено длиной 500 *мм* Как симметричный так и коаксиальный кабели (с подвязанной к нему петлей U колена) должны отходить от точек подключения к антенне перпендикулярно плоскости рамки и спускаться вдоль мачты Симметричный кабель крепится к мачте на изоляторах

Применение контурно щелевой антенны на каналах 1—5 нецелесообразно, так как антенна при этом получается громоздкой

Двухпрограммная антенна на каналы 1 и 3

Двухпрограммная антенна для приема двух московских телевизионных программ состоит из четырех вибраторов (двух активных и двух пассивных) расположенных на одной стреле В качестве активных вибраторов используются шлейф вибраторы, один из которых

(вибратор *I*) настроен на канал 1 (первая программа), а другой (вибратор *III*) — на канал 3 (вторая программа)

Активные вибраторы соединяются с общим кабелем снижения через фильтры, выполненные из отрезков коаксиальных кабелей с волновым сопротивлением 75 *ом*.

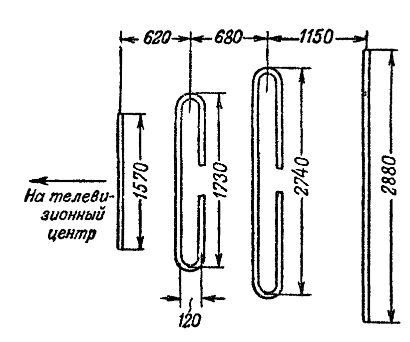


Схема расположения вибраторов двухпрограммной антенны на каналы 1 и 3.

Все вибраторы антенны изготавливаются из металлических трубок диаметром 12—20 *мм* Они крепятся к стреле без изоляторов. Стрела с вибраторами укрепляется на металлической или деревянной мачте.

Фильтры и снижение могут быть выполнены из любого коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом*. Кабели фильтра (после его монтажа) укладываются вдоль стрелы и привязываются к ней

Коэффициент усиления антенны на каждом из каналов примерно равен коэффициенту усиления трехэлементных антенн.

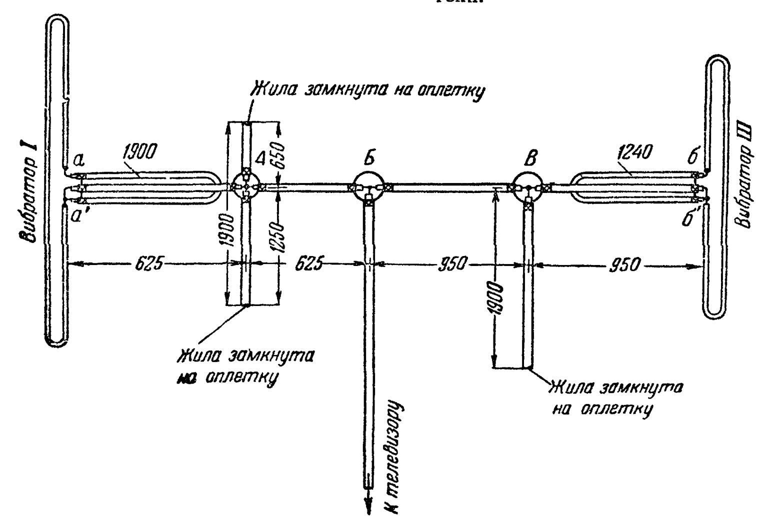


Схема соединения кабелей двухпрограммной антенны на каналы 1 и 3.
В случае применения двух раздельных антенн на каналы 1 и 3 длины отрезков кабелей *аА* и *бВ* могут быть произвольными.

Эта антенна может применяться и без пассивных вибраторов (при том же расстоянии между активными шлейф вибраторами и той же схеме кабельных соединений).

Сдвоенная антенна на каналы 1 и 3

Для приема двух программ на каналах 1 и 3 можно использовать две раздельные антенны, расположив их на общей мачте и подключив к общему кабелю снижения Антенна каждого канала может быть одноэлементной или многоэлементной Антенна канала 3 крепится на мачте ниже или выше антенны канала 1 на расстоянии не менее 1,5 *м* от последней

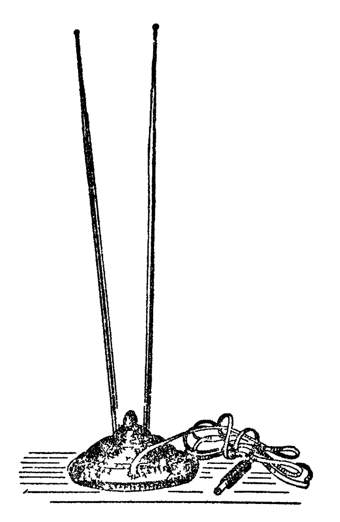
Соединение антенны с общим кабелем снижения выполняется через фильтр (см рисунок на стр 264)

Выбор геометрических размеров элементов антенны производится в соответствии с таблицей на стр 258.

6-16. КОМНАТНАЯ АНТЕННА

Наиболее распространенным типом комнатной антенны является полуволновый вибратор телескопической конструкции Каждая половина вибратора, состоящая из вдвигающихся друг в друга трубок закреплена в основании антенны так, что может вращаться вокруг горизонтальной оси

Точную длину двух половин вибратора, при которой антенна настроена на данный канал, указать трудно так как она зависит от положения вибратора относительно стен и металлических предметов, находящихся в комнате Примерная длина та же, что для обычного полуволнового вибратора (см таблицу на стр 253)



Комнатная телескопическая антенна.

Комнатная антенна не обязательно должна быть тщательно согласована с кабелем снижения так как при длине снижения порядка 2—2 5 *м* повторные изображения возникающие в результате отражений в кабеле, не ухудшают заметно качества изображения

Часто качество приема на комнатную антенну несколько хуже чем на наружную, что объясняется влиянием на антенну стен. труб отопления и некоторых других предметов, находящихся в комнате

6-17 СОГЛАСУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Если волновое сопротивление кабеля не равно входному сопротивлению наружной антенны то между антенной и кабелем снижения должно быть включено согласующее устройство (трансформатор со-

противления) для преобразования входного сопротивления антенны в сопротивление, равное волновому сопротивлению кабеля снижения.

Четвертьволновый трансформатор

Такой трансформатор представляет собой отрезок кабеля определенной длины. Волновое сопротивление линии, из которой выполнен трансформатор, подсчитывается по формуле

$$W_{тр} = \sqrt{R_a W_к},$$

где $W_{тр}$ — волновое сопротивление трансформатора;
R_a — входное сопротивление антенны;
$W_к$ — волновое сопротивление кабеля снижения.

Четвертьволновый трансформатор в зависимости от схемы антенны должен быть выполнен либо в виде двухпроводной линии, либо из коаксиального кабеля. Длина отрезка кабеля четвертьволнового трансформатора определяется по формуле

$$l_{тр} = \frac{\lambda_{ср.к}}{4}.$$

Средняя длина волны в кабеле вычисляется по формуле

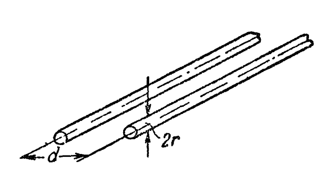
$$\lambda_{ср.к} = \frac{\lambda_{ср}}{\sqrt{\varepsilon}},$$

где $\lambda_{ср} = \frac{300}{\sqrt{f_{зв} f_{из}}}$ — длина волны в воздухе, соответствующая средней частоте данного канала, *м* (см. таблицу на стр. 253);
ε — диэлектрическая постоянная изоляции кабеля (для большинства коаксиальных кабелей $\varepsilon = 2{,}3$);
$f_{зв}$ и $f_{из}$ — несущие частоты звука и изображения данного канала, *Мгц*.

Величину $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}$ называют также коэффициентом укорочения длины волны в кабеле.

Волновое сопротивление $W_к$ и коэффициент укорочения $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}$ некоторых кабелей

Тип кабеля	$W_к$, *ом*	$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}$
РК-1	77	0,66
РК-3	75	0,66
РК-4	75	0,66
РК-6	52	0,66
РК-19	52	0,66
РК-29	50	0,66
РК-50	157	—
КАТВ	300	0,83



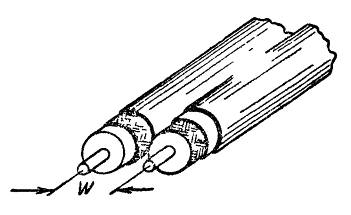
Двухпроводная симметричная неэкранированная линия.

Волновое сопротивление двухпроводной симметричной линии может быть вычислено по формуле

$$W = 276 \lg \frac{d}{r},$$

где r — радиус провода, из которого сделана двухпроводная линия;

d — расстояние между осями проводов.



Двухпроводная симметрирующая экранированная линия $W = 2W_к$, где $W_к$ — волновое сопротивление коаксиального кабеля.

Симметричная линия может быть образована также двумя параллельными отрезками коаксиального кабеля строго одинаковой длины. Жилы отрезков кабелей подключаются к зажимам симметричной нагрузки (например, к зажимам симметричного вибратора), оплетки могут быть заземлены. Волновое сопротивление такой линии равно удвоенному волновому сопротивлению кабеля, из которого линия выполнена.

Примеры расчета

Пример 1. *Дано*: $R_a = 37{,}5$ *ом*; $W_к = 75$ *ом*. Требуется выбрать кабель для четвертьволнового трансформатора и определить его длину.

Трансформатор предназначен для работы в канале 3.

Требуемое волновое сопротивление трансформатора

$$W_{тр} = \sqrt{R_a W_к} = \sqrt{37{,}5 \cdot 75} = 53 \text{ ом}.$$

Из таблицы на стр 266 следует, что для этого трансформатора могут быть использованы кабели РК-6, РК-19 и РК-29, имеющие волновое сопротивление 50—52 *ом* и коэффициент укорочения 0,66.

Для третьего канала $\lambda_{ср} = 3{,}75$ *м* (см. таблицу на стр. 253). Следовательно, длина кабеля для трансформатора

$$l_{тр} = \frac{\lambda_{ср.к}}{4} = \frac{0{,}66\lambda_{ср}}{4} = \frac{0{,}66 \cdot 3{,}75}{4} = 0{,}62 \text{ м} = 62 \text{ см}.$$

Пример 2. *Дано*: $R_a = 75$ *ом*; $W_к = 300$ *ом*. Необходимо рассчитать предназначенный для работы в канале 3 симметричный четвертьволновый трансформатор (для согласования этих сопротивлений).

Волновое сопротивление трансформатора

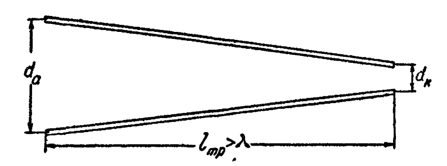
$$W_{тр} = \sqrt{R_a W_к} = \sqrt{300 \cdot 75} = 150 \text{ ом}.$$

Симметричную линию с волновым сопротивлением 150 *ом* проще всего выполнить из двух отрезков коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом*, например из кабеля РК-1 или РК-3.

Длина кабеля для трансформатора, как и в предыдущем примере, должна быть 62 *см*, так как трансформатор выполнен из коаксиального кабеля, имеющего коэффициент укорочения 0,66.

Плавный трансформатор

Входное сопротивление антенны R_a может быть согласовано с волновым сопротивлением кабеля снижения $W_к$ при помощи линии, волновое сопротивление которой $W_{тр}$ плавно меняется от величины $W_{тр} = R_a$ в точке подключения трансформирующей линии к антенне до величины $W_{тр} = W_к$ в точке подключения трансформирующей линии к кабелю снижения.



Трансформатор в виде симметричной линии с плавно меняющимся волновым сопротивлением.

Трансформирующую двухпроводную линию можно выполнить в виде сходящихся проводов. Расстояния между осями проводов в начале и конце линии рассчитываются по известному диаметру провода, из которого будет выполнена трансформирующая линия.

Длина линии плавного трансформатора должна быть не меньше чем длина волны, соответствующая самой низкой частоте диапазона в котором должен работать трансформатор ($l_{тр} \geqslant \lambda_{макс}$).

Пример расчета. *Дано*: $R_a = 700$ *ом*; $W_к = 300$ *ом* Нужно рассчитать плавный симметричный трансформатор, который должен быть выполнен из проводов диаметром 3 *мм*.

Расстояние d_a между осями проводов трансформатора со стороны антенны рассчитывается по формуле для волнового сопротивления двухпроводной линии $\left(\lg \frac{d}{r} = \frac{W}{276}\right)$. Так как со стороны антенны волновое сопротивление трансформатора должно быть 700 *ом*, то

$$\lg \frac{d_a}{r} = \frac{700}{276} = 2{,}54; \quad \frac{d_a}{r} = 346.$$

При диаметре проводов 3 *мм* (радиус $r = 1{,}5$ *мм*)

$$d_a = 1{,}5 \cdot 346 \approx 520 \text{ мм}.$$

Так же рассчитывается и расстояние $d_к$ между осями проводов со стороны кабеля снижения Волновое сопротивление трансформатора с этой стороны должно быть 300 *ом*. Поэтому

$$\lg \frac{d_к}{r} = \frac{300}{276} = 1{,}08, \quad \frac{d_к}{r} = 12; \quad d_к = 1{,}5 \cdot 12 = 18 \text{ мм}.$$

6-18. СИММЕТРИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Большинство приемных телевизионных антенн является антеннами симметричными (полуволновый вибратор, шлейф-вибратор и т. д). С симметричной двухпроводчой линией эти антенны могут соединяться непосредственно (при этом не следует забывать о необходимости согласования антенны с кабелем). Соединение же симметричных антенн с несимметричными коаксиальными кабелями должно производиться так, чтобы обе половины вибратора были включены относительно наружной поверхности оплетки кабеля (условной «земли») одинаково (симметрично). Наиболее просто это достигается при помощи четвертьволнового симметрирующего короткозамкнутого мостика или симметрирующего U-колена.

Четвертьволновый симметрирующий короткозамкнутый мостик

Такой мостик представляет собой отрезок короткозамкнутой двухпроводной линии, выполненной из металлических трубок диаметром 10—20 *мм*. Разомкнутые концы его присоединяются (припаиваются или приклепываются) к симметричному вибратору (см. рисунок на стр 255). Сквозь одну из трубок мостика протягивается кабель снижения, который подключается к вибратору (оплеткой к одной половинке вибратора, а жилой — к другой).

Длина мостика (от вибратора до короткозамыкающей перемычки) $l_м = 0{,}25\lambda_{ср}$ (см. таблицу на стр. 253).

Участки трубок, находящиеся ниже короткозамыкающей перемычки, могут быть произвольной длины.

Симметрирующее U-колено

U-колено представляет собой отрезок коаксиального кабеля определенной длины (в зависимости от средней частоты данного канала). Этот отрезок кабеля присоединяется концами жилы к входным зажимам симметричного вибратора, образуя петлю (см. рисунок на стр 256) Кабель снижения подключается жилой к одному из зажимов вибратора Оплетки кабеля снижения и двух концов петли (U-колено) соединяются вместе и к зажимам вибратора не подключаются.

Длины l_U кабеля (с коэффициентом укорочения $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} = 0{,}66$) U-колена для разных телевизионных каналов приведены в табл. на стр. 258).

Одновременно с симметрированием токов в антенне U-колено трансформирует входное сопротивление антенны, понижая его в 4 раза. Благодаря этому U-колено удобно применять для подключения коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом* к симметричному шлейф-вибратору, входное сопротивление которого равно 292 *ом*.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ

ПОМЕХИ РАДИОПРИЕМУ

7-1. ИСТОЧНИКИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПОМЕХ

Индустриальные помехи радиоприему создаются различными источниками, основными из которых являются следующие

1. Высокочастотные установки, применяемые в промышленности и медицине К ним относятся. установки для высокочастотной закалки и плавки, сварочные осцилляторы, медицинские приборы диатермии и д'Арсонваля и др.

2 Электротехнические устройства, работа которых сопровождается искрообразованием К ним относятся. коллекторные генераторы и электродвигатели, трамваи, троллейбусы, коммутаторы, электрические звонки, свечи зажигания в моторах, контактные прерыватели, неплотные контакты осветительных ламп в патронах, «жучки» в предохранителях, плохие контакты в выключателях и штепсельных розетках, а также в местах скрутки («холодной пайки») проводов и др.

3. Приборы и установки, в которых происходит ионизация газа. К ним относятся неоновые и другие газонаполненные трубки, люминесцентные лампы, ртутные выпрямители и др.

Распространение помех происходит в виде электрических и магнитных полей, излучаемых либо самим источником помех, либо проводами, соединенными с ним. Электротехнические устройства, заключенные в металлические корпуса, излучают сравнительно слабые поля, распространяющиеся на небольшое расстояние Вдоль проводов, соединенных с источником, поля помех распространяются на большие расстояния Поэтому внутри здания основным носителем помех является электропроводка.

Меры борьбы с помехами имеют целью обезвредить источник и устранить излучение помех или помешать их распространению Эти меры осуществляются либо у самого источника помех (что является наиболее эффективным и рациональным), либо непосредственно у радиоприемника.

7-2 СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ У ИСТОЧНИКОВ ПОМЕХ

Средствами защиты являются:

1 Экранирование источников помех и заземление металлических корпусов

2 Применение искрогасящих устройств

3 Применение защитных фильтров, состоящих из высокочастотных дросселей и конденсаторов

Высокочастотные промышленные установки и медицинская аппаратура, трамваи, троллейбусы, а также генераторы и электродвигатели должны выпускаться оборудованными необходимыми устройствами для подавления помех.

Для ослабления помех, создаваемых электроприборами, встречающимися в быту могут быть использованы некоторые простейшие защитные устройства.

В качестве обязательного мероприятия предварительно должны производиться тщательная очистка и регулировка всех контактов, имеющихся у источника помех и могущих быть источниками искрообразования.

Защита у источников помех

Наименование источника	Схема защиты
Электрогенератор или электродвигатель с последовательным возбуждением	
Электрогенератор или электродвигатель с параллельным возбуждением	
Электрогенератор или электродвигатель с последовательным возбуждением и пусковым реостатом	
Электрогенератор или электродвигатель с параллельным возбуждением и пусковым реостатом	
Трехфазный электродвигатель с короткозамкнутым ротором	

Наименование источника	Схема защиты
Выключатели и переключатели: *А* — в цепях с небольшой мощностью и низким напряжением; *Б* — в цепях с значительной мощностью и напряжением до 50 *в*; *В* — в цепях с высоким напряжением	
Электрические звонки: *А* — с симметричным соединением обмоток и питанием от батареи или аккумулятора; *Б* — с несимметричным соединением обмоток и питанием от батареи; *В* — с питанием от электросети	
Люминесцентные лампы	
Дуговая лампа	
Прибор с термореле	

7-3 СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ НЕПОСРЕДСТВЕННО У РАДИОПРИЕМНИКА

Выбор средств защиты зависит от пути проникновения помех, а именно а) через антенну или заземление, б) путем непосредственного воздействия излучения на приемник и в) через сеть питания

Средства защиты

1 Удаление действующей части антенны из зоны помех и экранирование антенного ввода при комнатной антенне — удаление ее на возможно большее расстояние (более 30 *см*) от стен с электропроводкой Надежное заземление проводом возможно большего сечения

2 Экранирование катушек, сеточных проводов высокочастотной части и — иногда — всего приемника

3 Установка защитных фильтров в цепи питания

Кроме того, во всех случаях возможно применение в схеме приемника специальных элементов, ослабляющих действие помех (ограничителей помех), что, однако, сопряжено с усложнением схемы приемника

Защита у радиоприемника

Средство защиты	Схема защиты
Сетевой фильтр Экран фильтра должен быть соединен с зажимом „Земля" приемника или с проводом заземления	
Установка фильтра *А*—неправильная установка, *Б*—правильная установка	
Соединение провода заземления *А*—неправильное соединение, *Б*—правильное соединение	
Экранирование снижения и вынесение действующей части антенны из зоны помех *А*—неправильное устройство, *Б* и *В*—правильное устройство	

ГЛАВА ВОСЬМАЯ

ЭЛЕКТРОАКУСТИКА

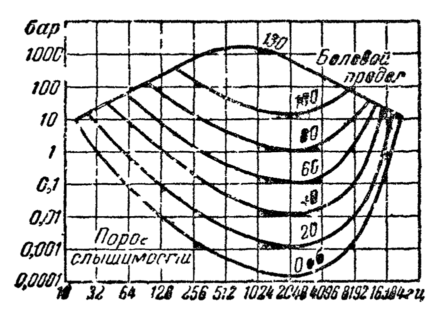
8-1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Звук — колебания воздуха, возникающие при механических колебаниях (вибрациях) разных тел и воздействующие на человеческое ухо Диапазон слышимых колебаний — в среднем 20—16 000 *гц* Скорость распространения звука в воздухе — около 340 *м/сек* Звуковые колебания могут распространяться не только в воздухе, но и в другой среде

Тон — синусоидальное звуковое колебание Высота тона определяется числом колебаний в секунду С увеличением числа колебаний растет высота тона

Звуковое давление — давление на 1 *см*², создаваемое звуковыми колебаниями Измеряется в барах

Бар — единица звукового давления 1 *бар* — давление, испытываемое поверхностью в 1 *см*² под действием силы в 1 дину (1 *бар* = 1 02 *мг/см*²) Громкость, достаточная для обычной жилой комнаты получается при давлении 2—3 *бар* на расстоянии 1 *м* от громкоговорителя



Кривые равной громкости

Звуковая мощность — звуковая энергия, проходящая через данную поверхность за 1 *сек* Звуковая мощность может быть определена по величине звукового давления

Сила звука — звуковая мощность проходящая в 1 *сек* через поверхность в 1 *см*² Сила звука пропорциональна квадрату звукового давления Измеряется в *мквт/см*²

Громкость — сила звукового ощущения, вызываемого у человека с нормальным слухом Громкость изменяется пропорционально не силе звука, а логарифму ее изменения Обычно громкостью называют число децибелов, на которое данный звук превышает звук, принятый за порог слышимости

Порог слышимости — граница чувствительности человеческого уха, наиболее тихий слышимый звук Для тона 1 000 *гц* это соответствует давлению примерно 0,0002 *бар* или силе звука 10^{-10} *мквт/см*²

Болевой предел — верхний предел чувствительности человеческого уха, такое давление, при котором звук воспринимается в виде болевого ощущения Для тона 1 000 *гц* это соответствует давлению примерно 1 000 *бар*

Кривые равной громкости — линии, соединяющие на графике точки, соответствующие таким звуковым давлениям, которые обеспечивают впечатление одинаковой громкости при разной высоте

тона. Благодаря особенностям человеческого уха низшие и высшие частоты воспринимаются хуже, чем средние, поэтому для получения одинаковой громкости на них требуется большее звуковое давление.

Основной тон — наиболее низкий тон, создаваемый колеблющимся телом (источником звука).

Обертона — все тона, кроме основного, создаваемые колеблющимся телом Если их частоты в целое число раз (2, 3, 4 и т д) больше, чем число колебаний основного тона, то их называют гармоническими обертонами

Шум — совокупность очень большого числа отдельных тонов разной высоты и громкости

Тембр — «окраска» звука Определяется числом и частотой обертонов Состав последних характерен для разных источников звука.

Интервал — отношение числа колебаний двух тонов Основной музыкальный интервал—октава—соответствует отношению частот 2 : 1.

Интерференция — взаимно ослабляющее или усиливающее действие двух звуковых колебаний одинаковой частоты, прибывающих одновременно в одно место с разницей в фазах При совершенно одинаковых фазах происходит увеличение, а при противоположных — уменьшение громкости

Биения — интерференция двух тонов, мало отличающихся по частоте При биениях происходят периодические изменения амплитуды результирующих колебаний, получающихся от сложения основных тонов

Динамический диапазон — разница между наибольшей и наименьшей громкостью в звуковой передаче Измеряется в децибелах

Разборчивость (артикуляция) — отношение числа правильно принятых слогов к общему числу произнесенных слогов Для определения разборчивости пользуются специальными сочетаниями слогов, исключающими возможность угадывания слога по смыслу

Реверберация — остаточное «послезвучание» в закрытых помещениях, после того как источник звука перестал действовать Существует благодаря многократным отражениям звука от разных поверхностей (стен, пола, потолка) Реверберация измеряется разницей во времени между прекращением звучания источника и спаданием звукового давления до 0,001 его начального значения

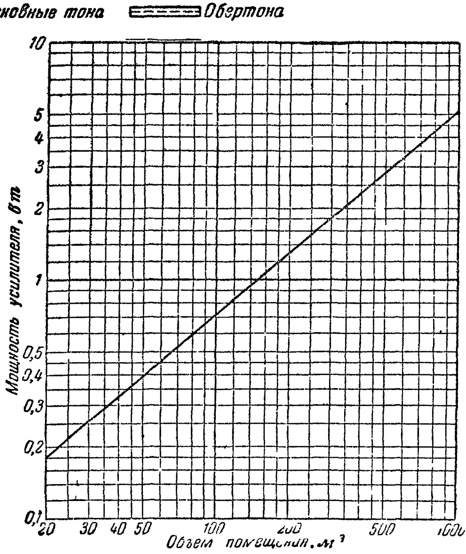
8-2. СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

Среда	Скорость звука, *м/сек*	Среда	Скорость звука, *м/сек*
Резина . . .	50	Дерево . . .	3 350
Воздух . . .	343	Медь	3 950
Пробка . . .	500	Сталь . .	5 100
Вода	1 480	Стекло . . .	5 400

8-3. ЗВУКОВЫЕ ДИАПАЗОНЫ



8-4. НЕОБХОДИМАЯ МОЩНОСТЬ УСИЛИТЕЛЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОРМАЛЬНОЙ ГРОМКОСТИ (65 — 70 *дб*) В ПОМЕЩЕНИИ



8-5. ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

В громкоговорителе электрическая мощность звуковой частоты, создаваемая на выходе приемника или усилителя, преобразуется в звук Это преобразование осуществляется при помощи разных систем, в частности электромагнитных, электродинамических, пьезоэлектрических и электростатических.

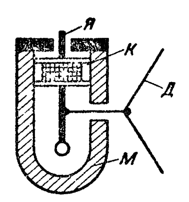
Электромагнитная система. Между полюсами постоянного магнита *М* находится стальной якорь *Я*, который проходит сквозь катушку *К* Через катушку пропускается ток звуковой частоты, и под действием переменного магнитного поля происходят колебания якоря и связанного с ним диффузора *Д*.

Свойства — хорошая чувствительность, плохая частотная характеристика, значительные искажения

Мощность — до 0,25—0,5 *вт.*

Включение — непосредственно в анодную цепь выходной лампы.

Применение — при невысоких требованиях к качеству звучания и малой требуемой мощности



Устройство электромагнитного громкоговорителя.

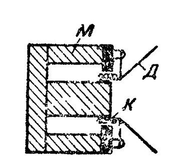
Электродинамическая система с постоянным магнитом. В кольцевом поле постоянного магнита *М* находится подвижная катушка *К*, связанная с диффузором *Д* Проходящий через катушку ток звуковой частоты образует вокруг нее переменное магнитное поле, которое, взаимодействуя с полем постоянного магнита, создает силу, движущую катушку

Свойства — хорошая частотная характеристика и большой диапазон излучаемых мощностей

Мощность — от долей ватта до десятков и сотен ватт.

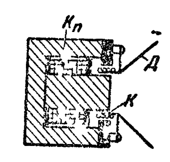
Включение — через согласующий трансформатор, так как сопротивление звуковой катушки составляет всего 2—15 *ом*

Применение — в приемниках с любыми видами питания (особенно ценны для батарейных приемников) и в радиотрансляционных сетях.



Устройство электродинамического громкоговорителя с постоянным магнитом.

Электродинамическая система с подмагничиванием. Принцип действия тот же, что и с постоянным магнитом, но магнитное поле создается катушкой подмагничивания $К_п$ Свойства — те же, но за счет подмагничивания возможно получение более сильного магнитного поля в зазоре, а вместе с тем и большей чувствительности.



Устройство электродинамического громкоговорителя с подмагничиванием.

Электродинамические громкоговорители

Тип громкоговорителя	В каком приемнике применяется	Номинальная мощность, *вт*	Диапазон воспроизводимых звуковых частот, *гц*	Неравномерность частотной характеристики, *дб*	Чувствительность[1], *бар*	Звуковая катушка			Катушка подмагничивания			Диаметр, *мм*
						Число витков	Диаметр провода, *мм*	Сопротивление постоянному току, *ом*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Сопротивление постоянному току, *ом*	
ДГС	—	0,04	200—4 500	20	2	63	0,15	4,9	С постоянным магнитом			—
ДГМ	—	0,15	150—4 500	20	2	41	0,23	1,25	То же			—
„Байкал", „Север"	—	0,2	250—3 000	20	4	57	0,16	4	„ „			—
„Сибирь"	—	0,25	150—5 000	20	—	—	—	—	„ „			—
0,5ГД-2	„Рекорд", „Москвич", АРЗ (с 1954 г.)	1	120—6 000	10	2,5	63	0,12	5,5	„ „			—
0,5ГД-5	„Родина", „Искра" (с 1954 г.)	1	100—6 000	15	3	63	0,12	5,5	„ „			—
1ГД1	АРЗ-49, „Москвич В"	1	150—5 000	15	2,5	61	0,16	3,25	„ „			—
—	„Рига Б-912"	1	150—6 000	15	4	47	0,15	2,8	„ „			—
1ГДМ-1,5 (1,5ГД-1)	„Рекорд", „Рекорд-47"	1,5	150—5 000	15	2,5	57	0,16	3	„ „			—
1ГД-5	Приемники 3—4-го классов	1	150—6 000	15	2,0	63	0,12	5,5	„ „			124
1ГД-6	Приемники и телевизоры 2—3-го классов	1	100—6 000	15	3,0	63	0,12	5,5	„ „			124
1ГД-7	Переносный и автомобильные приемники	1	150—6 000	15	3,0	63	0,12	5,5	„ „			124
1ГД-8	То же	1	200—6 000	12	4,5	63	0,12	5,5	„ „			124
1ГД-9[4]	Телевизоры 1—3-го классов	1	100—7 000	12	2,5	63	0,12	5,5	„ „			156/98
2ГД-3	—	2	70—10 000	14	2,5	62	0,16	3,4	„ „			150
2ГДМ-3	„Родина", „Родина-47", „Урал-49"	3	90—5 000	15	3	62	0,18	3,2	„ „			—
2ГДП-3	„Восток-47" (7Н-27), „Урал-47"	3	—	—	—	65	0,2	3	14 000	0,2	1 200	—
3ГД-2	—	3	80—6 000	15	3	62	0,18	3,4	С постоянным магнитом			202

3ГД-3	„Восток-49", „Родина-47" (вып. 1950 г.), „Урал-49"	3	100—6 000	15	2,5	62	0,16	3,4	С постоянным магнитом			—
3ГД-7[4]	Автомобильные приемники	3	80—7 000	12	2,5	62	0,18	3,4	То же			208/154
3ГДМП-ВЭФ[3]	—	3	100—6 000	15	3	49	0,23	1,6	4 500	0,15	520	—
—	ВЭФ М-557	3	—	—	—	23	0,22	2	11 000	0,13	900	—
—	„Балтика", ВЭФ М-697	3	—	—	—	53	0,2	2,4	4 500+23	0,15 и 0,18	520+0,27	—
—	„Рига-6"	3	—	—	—	59	0,2	2,65	С постоянным магнитом			—
—	„Рига Т-755"	3	100—6 000	17	3,5	59	0,2	2,65	12 200	0,18	1 000	—
—	6Н-25	3	—	—	—	52	0,23	1,7	11 000	0,16	1 2[illegible]5	—
4ГД-1	Приемники 1—2-го классов	4	60—12 000	14	2,5	62	0,16	3,4	С постоянным магнитом			202
5ГД-9	То же	5	70—7 000	12	3,0	62	0,18	3,4	То же			2[illegible]2
5ГД-10	—	5	50—12 000	14	3,0	62	0,18	3,4	» »			250
5ГД-14[4]	Приемники 1—2-го классов	5	60—12 000	14	2,5	62	0,18	3,4	» »			2[illegible]0/170
ДГФ-5	—	5	150—6 000	15	4	65	0,2	4,8	» »			—
5ГЭД-5	—	5	70—6 500	12,5	4	—	—	2	—	—	1 000	—
—	„Рига Т-689"	6	80—8 000	17	5,5	92	0,15	12	9 000	0,25	520	—
—	„Рига-10"	8	80—7 000	12	5,5	120	0,17	12	С постоянным магнитом			—
8ГД-2	„Мир"	8	80—7 000	12	5,5	75	0,25	2,8	То же			—
10ГД-4	—	10	70—8 000	12	3,5	—	—	10	» »			—
10ГД-5	—	10	50—7 000	12	3,5	—	—	2,8	» »			—
10ГД-6[2]	—	10	40—10 000	15	3	—	—	40	» »			—
10ГД-12[5]	—	10	40—12 000	12	3	62	0,18	3,4	» »			—
10ГД-14	—	10	40—12 000	12	3	62	0,18	5,5	» »			—
Р-10	—	10	2[illegible]0—4 000	20	6	39	0,21	1,7	» »			—
РД-10	—	10	200—3 [illegible]00	6	11	—	—	16	—	—	3 200	—
—	„Латвия"	10	—	—	—	115	0,18	8	7 900+28,5	0,14 и 0,35	245+0,25	—
ДГР-25	—	25	150—5 000	20	—	—	—	6	61	0,2	—	—
Р-100	—	100	200—3 000	20	12	49	0,2	4,8	—	—	—	—

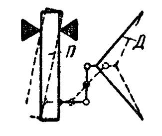
[1] Звуковое давление, развиваемое при потребляемой мощности звуковой частоты 0,1 *ва*. [2] Двухполосный громкоговоритель. [3] С постоянным магнитом и подмагничиванием. [4] С эллиптическим диффузором. [5] Агрегат из двух громкоговорителей.

Применение — в приемниках с сетевым питанием и мощных усилительных установках

Пьзоэлектрическая система. К обкладкам пьзоэлемента *П* подводится переменное напряжение звуковой частоты, за счет которого в элементе возникают механические колебания той же частоты Эти колебания передаются диффузору *Д*, связанному с пьезоэлементом

Свойства — сильное подчеркивание высших звуковых частот

Мощность — ограничивается прочностью пьезоэлемента

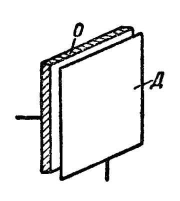


Устройство пьезоэлектрического громкоговорителя.

Включение — дроссельный выход (сопротивление громкоговорителя очень высокое и имеет емкостный характер)

Применение — при наличии небольшой выходной мощности усилителя, а также в качестве громкоговорителя высоких частот

Электростатическая система. Громкоговоритель представляет собой конденсатор, состоящий из неподвижного электрода — металлического основания *О* и колеблющегося электрода — диафрагмы *Д*, выполняемой из очень тонкой диэлектрической пленки, металлизированной с одной стороны Между неподвижным и подвижным электродами прикладываются постоянное напряжение, создающее начальное электрическое поле, и переменное напряжение звуковой частоты, под действием которого диафрагма приходит в колебательное движение



Устройство электростатического громкоговорителя.

Свойства — хорошая равномерность частотной характеристики в области высших звуковых частот вплот до 20 *кгц*

Включение — по специальной схеме непосредственно в анодную цепь лампы (сопротивление громкоговорителя является емкостным).

Применение — совместно с динамическим громкоговорителем (обеспечивающим хорошее воспроизведение низких и средних частот) в системах, предназначенных для высококачественного звучания.

8-6. ЗВУКОСНИМАТЕЛИ

В звукоснимателе механические колебания граммофонной иглы преобразуются в электрические колебания звуковой частоты, которые в дальнейшем усиливаются до необходимой величины и воспроизводятся при помощи громкоговорителя.

Практическое применение находят звукосниматели электромагнитной и пьезоэлектрической систем.

Электромагнитная система. Стальной якорь *Я*, связанный с иглой, движется внутри катушки *К*, находящейся в поле постоянного магнита *М*. Колебания якоря вызывают изменения магнитного потока, пересекающего катушку, и в последней наводится э. д. с., пропорциональная амплитуде колебаний якоря.

Устройство электромагнитного звукоснимателя.

Средняя величина развиваемой э д с. 0,15—0,25 *в.*

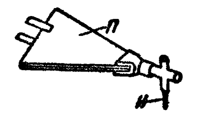
Внутреннее сопротивление (индуктивного характера) 1 000—12 000 *ом.*

Величина нагрузочного сопротивления 0,2—1 *Мом.*

Частотная характеристика — удовлетворительной формы, достаточно равномерная.

Давление на пластинку — большое, 60—120 *г.*

Пьезоэлектрическая система. Колебания иглы *И* оказывают скручивающее усилие на пьзоэлемент — трапецеидальную пластинку *П* из сегнетовой соли или фосфата аммония. Механические деформации вызывают появление электрических зарядов на гранях пьезоэлемента. Развиваемая э д с. пропорциональна амплитуде колебаний иглы.



Устройство пьезоэлектрического звукоснимателя.

Средняя величина развиваемой э д. с. 0,5—1 *в.*

Внутреннее сопротивление — емкостное.

Величина нагрузочного сопротивления 0,5—2 *Мом*

Частотная характеристика имеет равномерный **спад, начиная** с 200 *гц*, в области высших звуковых частот она имеет пик.

Давление на пластинку — малое, 30—70 *г.*

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

ЗАПИСЬ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЗВУКА

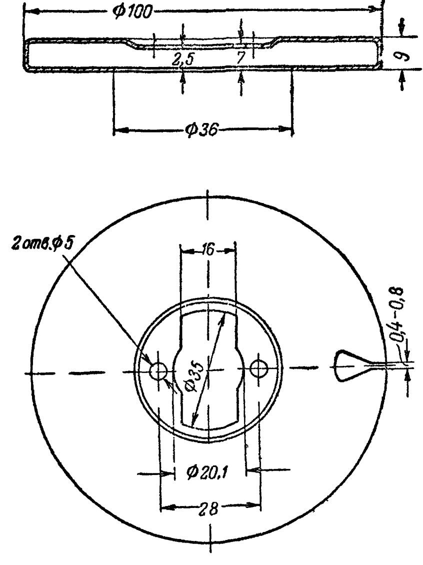
9-1. НОРМЫ НА МАГНИТНУЮ ЗВУКОЗАПИСЬ

Магнитофоны для записи и воспроизведения музыки и речи, использующие узкую ферромагнитную ленту (шириной 6,35 *мм*), должны отвечать ряду требований, определяемых государственными стандартами ГОСТ 08088-56 (основные параметры), ГОСТ 7704-55 (кассеты для намотки ленты), ГОСТ 7705-55 (сердечник для намотки ленты).

Магнитофоны делятся на пять групп в зависимости от рабочей скорости движения ленты. Стандартные значения скоростей для четырех групп образованы по закону геометрической убывающей прогрессии путем деления высшей скорости 762 *мм/сек* соответственно на 2, 4 и 8. Для пятой группы рекомендуется выбирать скорости, отвечающие той же закономерности, т. е. 47,6 *мм/сек*, 28,8 *мм/сек* и т. д.

В магнитофонах первой и второй групп лента должна наматываться на сердечники рабочей стороной наружу рулона, а для остальных групп — на кассеты рабочей стороной внутрь рулона. Сердечники изготовляются из стали (штампованные) или литейных сплавов и пластмассы, а кассеты — из дюралюминия или пластмассы.

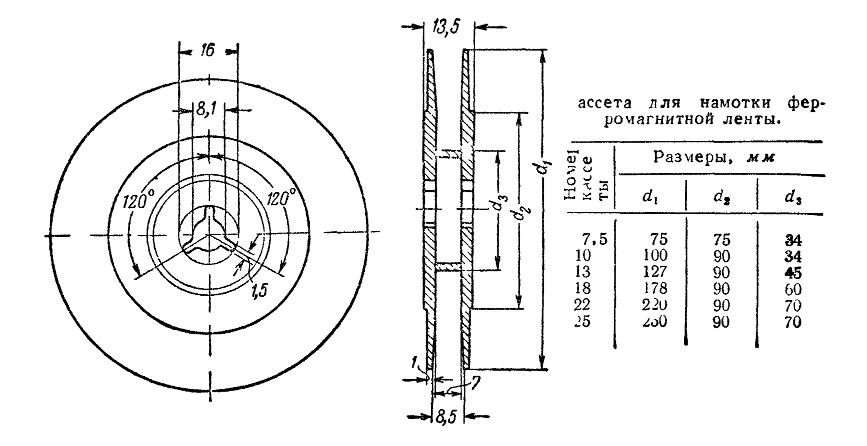
Направление вращения рулона ленты, сматываемого в магнитофоне при записи и воспроизведении, должно быть против часовой стрелки. Выполнение этого требования обязательно для магнитофонов первой и второй групп и желательно для всех остальных.



Сердечник (бобышка) для намотки ферромагнитной ленты.

Для магнитофонов всех групп можно использовать и однодорожечную и двухдорожечную записи. Во втором случае на ленте во взаимно противоположных направлениях записываются две звуковые дорожки. Дорожка № 1 записывается первой. Расстояние между краями звуковых дорожек должно быть не менее 0,75 *мм*. Стирание записи производят на более широком участке ленты, расстояние между краями дорожек стирания должно быть не менее 0,3 *мм*.

Практически в магнитофонах первой и второй групп двухдорожечная запись не используется.



ассета для намотки ферромагнитной ленты.

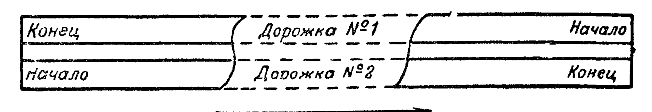
Номер кассеты	Размеры, *мм*		
	d_1	d_2	d_3
7,5	75	75	34
10	100	90	34
13	127	90	45
18	178	90	60
22	220	90	70
25	250	90	70

9-2 КОНТРОЛЬНЫЕ ЛЕНТЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ МАГНИТОФОНОВ

Контрольные ленты (тестфильмы) содержат специальные записи и предназначаются для проверки качественных показателей магнитофонов. Они выпускаются под индексами РТ-76, РТ-38 и РТ-19, что означает рабочий тестфильм для магнитофонов со скоростью ленты 76, 38 или 19 *см/сек*. Каждая контрольная лента состоит из четырех частей.

Первая часть содержит запись сигнала с частотой 400 *гц* (±3%) с номинальным (установочным) уровнем, в 2 раза меньшим максимального. Запись применяется для установки усиления воспроизводящего канала магнитофона. В контрольной ленте РТ-76 номинальный уровень соответствует эффективному значению остаточного магнитного потока 50 (±7%), а в остальных лентах — 80 *ммкс*.

Вторая часть содержит запись частот 30, 60, 125, 250, 400, 1 000, 2 000, 4 000, 6 000, 8 000, 10 000, 12 000 и 15 000 *гц* (в контрольной ленте РТ-19 нет записи частоты 15 000 *гц*). Запись произведена с учетом нормализованного в настоящее время распределения коррекции частотных искажений между каналом записи и каналом воспроизведения.



Расположение двух звуковых дорожек на ленте (вид на ленту со стороны, обратной рабочей).

Основные качественные показатели магнитофонов

Параметр	Группа магнитофочов					Примечание
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	Пятая	
Скорость движения ленты, *мм/сек*	762	381	190,5	95,3	Менее 95,3	—
Частотная характеристика сквозного канала, *гц*	30—15 000	30—15 000	$f_н = 50$ $f_в = 10\,000$	$f_н = 100$ $f_в = 6\,000$	—	Измеряется по электрическому напряжению на эквиваленте нагрузки
Неравномерность частотной характеристики сквозного канала	дб 0 -3 -5; 30 60 гц 10 15 кгц		дб +3 0 -4 -7; $f_н$ $2f_н$ $4f_н$ $0{,}66f_в$ $f_в$		—	Частотные характеристики должны укладываться в изображенные поля допусков
Неравномерность частотной характеристики канала воспроизведения по контрольным лентам	дб 0 -3 -4; 30 60 гц 10 15 кгц		дб +3 0 -3 -6; $f_н$ $2f_н$ $4f_н$ $0{,}66f_в$ $f_в$		—	То же

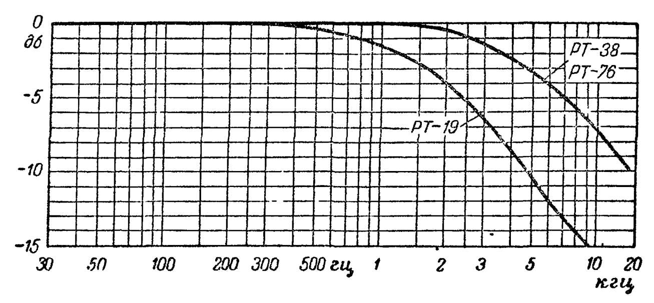
Продолжение

Параметр	Группа магнитофонов					Примечание
	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	Пятая	
Отношение уровня шума в сквозном канале к максимальному уровню записи не хуже, *дб*	—60	—60	—35	—35	—	За максимальный уровень записи принимается уровень, соответствующий эффективному значению остаточного потока ленты 100 *ммкс* для магнитофонов первой группы и 160 *ммкс* для магнитофонов второй, третьей и четвертой групп
Коэффициент гармоник в сквозном канале на частоте 400 *гц* при максимальном уровне записи и номинальной выходной мощности (напряжении) не более, %	3	2	5	5	—	—
Отклонение скорости от номинального значения не более, %	±0,2	±0,2	±2	±2	—	—
Коэффициент неравномерности скорости движения ленты (коэффициент суммарной детонации) — пиковое значение не более, %	0,2	—	—	—	—	Измерение производится при воспроизведении контрольной ленты с записью частот 3 000 *гц* при помощи специального прибора (детонометра)

Прочерки в таблице означают, что данный параметр в настоящее время не нормируется.

Частоты до 400 *гц* записаны с уровнем около — 14 *дб* по отношению к номинальному. Это соответствует эффективному значению остаточного магнитного потока ленты 10 *ммкс* для РТ-76 и 16 *ммкс* для РТ-38 и РТ-19. На более высоких частотах остаточный поток меньше.

Эта часть содержит также дополнительную запись высоких звуковых частот (8 000—12 000 *гц*), по которой настраивается положение рабочей щели воспроизводящей головки перпендикулярно направлению движения ленты.



Частотная характеристика остаточного магнитного потока в контрольных лентах РТ-76, РТ-38 и РТ-19.

Третья часть содержит запись частоты 3 000 *гц*, произведенную на магнитофоне с прецизионным лентопротяжным механизмом, практически не вызывающим детонации звука. Запись служит для определения (при помощи специального измерительного прибора) неравномерности скорости движения ленты в проверяемом магнитофоне.

Четвертая часть содержит типовую (для данной скорости) ферромагнитную ленту для проверки на ней качественных показателей сквозного канала магнитофона.

Хотя все записи на контрольных лентах — однодорожечные, они могут применяться и для проверки магнитофонов с двухдорожечной записью.

9-3. ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГНИТНОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

Частотная характеристика некорректированного канала записи-воспроизведения

Такая характеристика выражает зависимость э. д. с. воспроизводящей головки от частоты сигнала при неизменном токе записи.

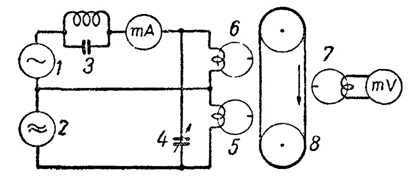
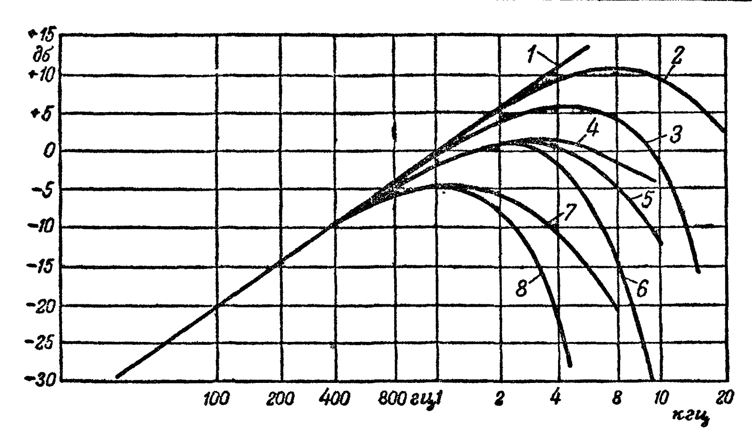


Схема измерений для снятия частотной характеристики некорректированного канала.

1 — звуковой генератор; *2* — генератор высокой частоты; *3* — фильтр-пробка; *4* — регулятор подмагничивания; *5* — головка стирания; *6* — головка записи; *7* — головка воспроизведения; *8* — кольцо ферромагнитной ленты.



Семейство частотных характеристик некорректированного канала.

1 — идеальная частотная характеристика с крутизной 6 *дб/окт* (октавой называется частотный интервал с граничными частотами, относящимися, как 2·1), *2* — характеристика для ленты типа 1 при скорости 762 *мм/сек* и ширине зазора головки 20 *мк*; *3* — то же при скорости 381 *мм/сек*, *4* — для ленты типа 2 при скорости 190,5 *мм/сек* и ширине зазора 10 *мк*; *5* — то же для ленты типа 1 (полированной); *6* — для ленты типа 1 при скорости 190,5 *мм/сек* и ширине зазора 20 *мк*; *7* — для ленты типа 1 (полированной) при скорости 95,3 *мм/сек* и ширине зазора 10 *мк*; *8* — то же для ленты типа 1 при ширине зазора 20 *мк*.

Снятие характеристики производится при следующих условиях:

1. Намагниченность находится в пределах 10—20% максимальной для данного типа ленты.

2. Подмагничивание соответствует рекомендованному для данного типа ленты.

3. Рабочие щели записывающей и воспроизводящей головок установлены перпендикулярно направлению движения ленты.

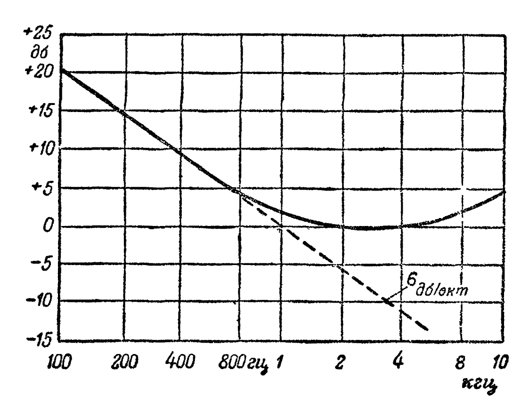
4 Количество витков в обмотках головок сравнительно невелико, благодаря чему можно считать, что резонансных явлений в пределах рабочего диапазона частот нет.

Форма частотной характеристики зависит от свойств ленты, скорости ее движения и ширины рабочих щелей записывающей и воспроизводящей головок.

Практически к идеальной частотной характеристике, т. е характеристике, не учитывающей действие ряда факторов, понижающих отдачу по мере возрастания частоты, можно приблизиться лишь при очень большой скорости и узких рабочих щелях головок.

Коррекция частотных искажений

Ввиду большой неравномерности частотной характеристики некорректированного канала записи воспроизведения в усилителях магнито-



Суммарная частотная характеристика усилителей записи и воспроизведения, необходимая для полной коррекции при скорости 190,5 *мм/сек*, ленте типа 2 и зазоре головки 10 *мк*.

фона прибегают к коррекции частотных искажений Для полной коррекции частотные характеристики усилителей записи и воспроизведения в сумме должны быть обратны частотной характеристике некорректированного канала

Распределение суммарной коррекции между коррекцией при записи и коррекцией при воспроизведении

Чтобы качество воспроизведения одной и той же записи на разных магнитофонах было по возможности одинаковым, частотные характеристики усилителей воспроизведения строго нормированы

При идеальной головке воспроизведения (т е головке с неограниченно узкой рабочей щелью и без потерь энергии в материале сердечника) характеристика усилителя воспроизведения должна совпадать с характеристикой изменения полного сопротивления цепи, составленной из последовательно соединенных емкости C и сопротивления R, причем постоянная времени такой цепи ($\tau = CR$) для скоростей 762 и 381 *мм/сек* должна быть 35 *мксек*, для скорости 190,5 *мм/сек* — 100 *мксек* и для скорости 95,3 *мм/сек* — 200 *мксек*

Такой способ задания частотной характеристики позволяет рассчитать ее ход в любом диапазоне, пользуясь формулой

$$Z = \sqrt{\tau^2 + 25 \cdot 10^9 \frac{1}{f^2}},$$

где τ — постоянная времени эквивалентной цепи, *мксек*.

Подставив в формулу ряд значений f и рассчитав соответствующие им величины Z, определяют отношения их к Z на частоте 1 000 *гц* $\left(20 \lg \frac{Z}{Z_{1\,000}}\right)$.

Так как применяемые воспроизводящие головки отличаются от идеальной потерями в отдаче на высоких частотах, к рассчитанным частотным характеристикам на этих частотах приходится прибавлять до 3—5 *дб*. Точное значение дополнительной коррекции зависит от

Относительный ход частотной характеристики усилителя воспроизведения, *дб*

Скорость двигателя ленты, *мм/сек*	Постоянная времени, *мксек*	Для частоты, *гц*					
		50	100	500	1 000	4 000	10 000
762	35	+26	+20	+6	0	—10	—13
381	35	+26	+20	+6	0	—10	—13
190,5	100	+34	+19	+5,5	0	—4	—4
95,3	200	+21	+16	+4	0	—2	—2

скорости ленты и качества головок и определяется практически при настройке канала воспроизведения по контрольной ленте.

Вычтя частотную характеристику усилителя воспроизведения из суммарной характеристики коррекции, определяют частотную характеристику усилителя записи.

Снятие частотных характеристик усилителей записи и воспроизведения

Частотная характеристика усилителя записи показывает зависимость тока в записывающей головке от частоты при неизменной э. д. с. источника входного сигнала.

Вместо непосредственного определения величины тока удобнее измерять падение напряжения на небольшом сопротивлении $R_n = 10 \div 20$ *ом*, включенном последовательно с головкой записи *ГЗ*. Величина тока (на средних частотах) устанавливается в пределах 10—20% той, которая обеспечивает максимальную намагниченность ленты.

Частотная характеристика усилителя воспроизведения представляет собой зависимость выходного напряжения от частоты при неизменной э. д. с. в цепи воспроизводящей головки *ГВ*

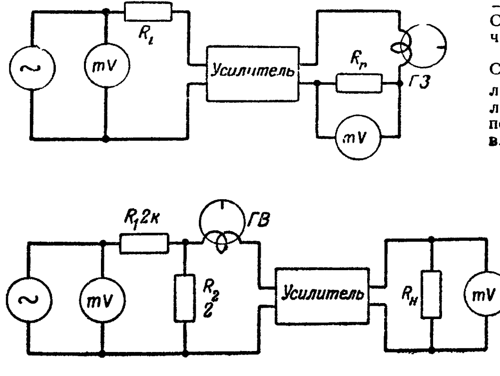


Схема измерений для снятия частотной характеристики усилителя записи

Сопротивление R_i — эквивалент внутреннего сопротивления источника сигнала, подключаемого к данному входу усилителя (микрофон, звукосниматель и т. п.).

Схема измерений для снятия частотной характеристики усилителя воспроизведения.

Сопротивления R_1 и R_2 удобнее всего впаивать в схему непосредственно в месте установки головки на панели лентопротяжного механизма, сняв предварительно с головки экран

Величина входного напряжения подбирается так, чтобы на средних частотах напряжение на выходе усилителя равнялось 10% максимального.

Влияние непараллельности рабочих щелей головок записи и воспроизведения

Относительный перекос головок приводит к дополнительному завалу высоких звуковых частот. Этот завал тем больше, чем меньше скорость движения ленты, и составляет.

$$20 \lg \frac{\sin \frac{\pi \alpha d}{\lambda}}{\frac{\pi \alpha d}{\lambda}},$$

где α — угол перекоса (в радианах);
d — ширина ленты, *мм*,
$\lambda = \frac{v}{f}$ — длина волны записи (v — скорость движения ленты, *мм/сек*),
f — частота, для которой определяется дополнительный завал характеристики, *гц*.

Так, например, при скорости 190,5 *мм/сек* на частоте 10 000 *гц* перекос всего лишь в 10′ вызывает дополнительный завал на 2 *дб*

Дополнительные искажения на низких частотах

На частотах ниже 200—250 *гц* в ряде магнитофонов наблюдается волнистость частотной характеристики Причина этих искажений — влияние экрана, окружающего воспроизводящую головку, и работа головки при больших длинах волн как однополюсной

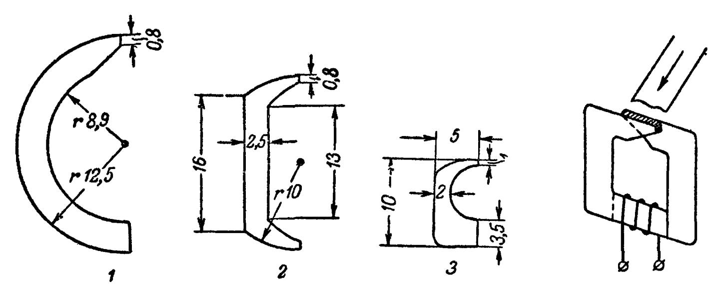
Для ослабления искажений следует по возможности удалять экран от головки и увеличивать размер ее полюсов в направлении движения ленты

9-4 МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Сердечники магнитных головок набираются из отдельных пластин толщиной 0,08—0,25 *мм*, изготавливаемых из пермаллоя или других высокопроницаемых сплавов Пластины склеиваются клеем БФ 4 в пакеты нужной ширины Для однодорожечной записи ширина пакета обычно составляет 5—7, а для двухдорожечной — 2—2,5 *мм* Торцы пакетов шлифуются на мелкозернистом камне, между ними закладывается немагнитная (чаще всего бронзовая) прокладка нужной толщины, после чего пакеты стягиваются между двумя щечками тем или иным способом

Головка с сердечником из пластин формы *1* имеет две катушки, намотанные на съемных каркасах, а головка из пластин формы *3* — одну катушку В головке из пластин формы *2* провод наматывается непосредственно на каждую из половин сердечника

Для любительских целей интерес представляет простая в изготовлении головка, имеющая сердечник из двух пермаллоевых лепестков Так как рабочая щель в головке образуется между боковыми плоскостями лепестков они должны располагаться перпендикулярно направлению движения ленты.



Три наиболее употребительные формы пластин сердечника магнитной головки.

Сердечник простой (в изготовлении) магнитной головки

Данные наиболее употребительных головок с сердечником из пластин формы *1* для однодорожечной записи

Головка	Ширина рабочей щели, *мк*	Ширина заднего зазора, *мк*	Индуктивность, *мгн*	Число витков	Э. д. с*, *мв*	Ток записи**, *ма*	Напряжение стирания (при частоте 50 *кгц*), *в*	Оптимальное напряжение подмагничивания (для ленты типа 2 при частоте 50 *кгц*), *в*
Воспроизводящая низкоомная	10—20	0	60—80	2×300***	0,6—1	—	—	—
Воспроизводящая высокоомная	10—20	0	1 000—2 000	2×1 500	3—5	—	—	—
Стирающая низкоомная	250—350	0	2—2,5	2×75	—	—	65—75	—
Стирающая высокоомная	250—350	0	7—9	2×150	—	—	130—150	—
Записывающая	10—20	250—350	7—9	2×150	—	1,5	—	20
Универсальная .	10—20	150—200	500—600	2×1 000	—	0,3	—	120

* На частоте 1 000 *гц* при намагниченности ленты 50 *ммкс*.

** Обеспечивающий на частоте 1 000 *гц* намагниченность 50 *ммкс* для ленты типа 1.

*** Катушки соединены во всех головках последовательно.

9-5. ФЕРРОМАГНИТНАЯ ЛЕНТА

Отечественная ферромагнитная лента изготавливается типов 1 и 2. Лента типа 1 предназначена для записи при скорости движения 762 *мм/сек*, а лента типа 2 — для записи на других скоростях. Ленты изготавливаются как узкие (шириной 6,35 *мм*), так и широкие (35 и 17,5 *мм*) с перфорированными отверстиями (применяются главным образом в звуковом кино для синхронной записи звука). Узкая лента

Вместимость стандартных кассет

Номер кассеты	Вместимость ленты толщиной 55 *мк, м*
7,5	50
10	100
13	200
18	350
22	500
25	700

выпускается рулонами по 1 000 *м*, намотанными на сердечники, а также рулонами, намотанными на кассеты с различной длиной ленты

Лента на кассетах выпускается главным образом для магнитофонов широкого пользования, а лента на сердечниках применяется для магнитофонов профессионального назначения И та и другая упаковываются в картонные коробки. На нерабочей стороне ленты (через определенные интервалы) проставляются номер фабрики-изготовителя, тип ленты и шестизначное число (например, 560317), первые две цифры которого (56) означают год выпуска а остальные — номер полива (0317) Все ленты одного номера полива могут практически считаться одинаковыми по своим качественным показателям

Механические и геометрические данные узких лент типов 1 и 2

Материалом основы ленты служит ацетилцеллюлоза, лента негорюча Общая толщина ленты 50—60 *мк*, толщина рабочего слоя — около 10 *мк*, ширина 6,35 *мм* Разрывное усилие (в среднем) 2,5 *кг* Относительное удлинение при растягивающем усилении 1 *кг* не более 1,5% Рекомендуемое натяжение ленты при записи и воспроизведении 50—250 *г*, а в моменты пуска и остановки — не более 800 *г*.

Электроакустические данные лент

Параметр	Ленты	
	Тип 1	Тип 2
Относительная чувствительность на частоте 400 *гц**, *дб*	0	+3
Максимально допустимое эффективное значение остаточного магнитного потока ленты (максимальный уровень записи), *микс*	100	160
Коэффициент третьей гармоники при максимальном уровне записи, %	4	2
Относительный уровень эхо-сигнала (копирэффект) после 10-минутного копирования, *дб*	—47	—50
Напряжение (ток) подмагничивания, соответствующий наибольшей чувствительности ленты	*U* (*I*)**	2*U* (2*I*)

* При подмагничивании, выбранном по наибольшей чувствительности.
** Зависит от данных записывающей головки.

Частотная характеристика ленты типа 2 лучше, чем ленты типа 1 Это преимущество тем сильнее выражено, чем ниже рабочая скорость ленты При скорости 190,5 *мм/сек* на частоте 10 000 *гц* лента типа 2 дает примерно на 10 *дб* большую отдачу, чем лента типа 1, при прочих равных условиях

Относительный уровень шума лент сильно зависит от симметричности формы поля подмагничивания Особенно это влияние сказывается для ленты типа 2 Поэтому для нее предпочтительно применение двухтактных высокочастотных генераторов

Отношение уровня шума полностью размагниченной ленты к допустимому максимальному уровню записи на ней примерно одинаково для обоих типов лент и составляет на выходе магнитофона 65—68 *дб* при скоростях 762 и 381 *мм/сек* и около 60 *дб* при скорости 190 5 *мм/сек* (увеличение шума объясняется большей коррекцией высоких частот в усилителе воспроизведения при этой скорости).

Выбор подмагничивания

Оптимальное подмагничивание (соответствующее наибольшей чувствительности ленты) в 2 раза больше для ленты типа 2, чем для ленты типа 1 Но и для ленты типа 1 его часто выбирают таким же, как для ленты типа 2 Работа на ленте типа 1 при удвоенном подмагничивании существенно снижает шумы ленты (особенно модуляционные), хотя и сопровождается некоторым возрастанием нелинейных искажений и ухудшением передачи высоких звуковых частот.

Для настроики удвоенного подмагничивания при ленте типа 1 во время пробной записи или при измерениях находят сначала режим работы, соответствующий максимальной отдаче ленты на средних частотах, затем измеряют вольтметром напряжение подмагничивания на головке записи, после чего регулятором подмагничивания удваивают его

Магнитные свойства лент

Рабочий слой содержит частицы магнитной окиси железа (Fe_2O_3) у ленты типа 1 и феррита кобальта — у ленты типа 2

Максимальная остаточная индукция $B_r = 400$ *гс* у ленты типа 1 и 600 *гс* — у ленты типа 2

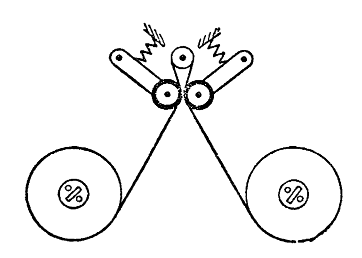
Коэрцитивная сила $H_c = 100$ *эрс* у ленты типа 1 и 200 *эрс* у ленты типа 2

Отечественные ленты типов 1 и 2 соответственно аналогичны лентам зарубежным (ГДР) типов С и СН

Абразивное действие лент

Поверхность рабочего слоя лент шероховата и благодаря значительной твердости входящих в ее состав магнитных материалов оказывает сильное абразивное (шлифующее) действие на поверхности головок и других деталей магнитофона, вызывая их износ Абразивное действие может быть значительно уменьшено, если рабочую поверхность предварительно отшлифовать

Шлифовку лучше всего производить широким сапфировым резцом при скорости движения ленты до 1 *м/сек* и натяжении не более 300 *г*. Можно также шлифовать ленту быстро вращающимися металличе-

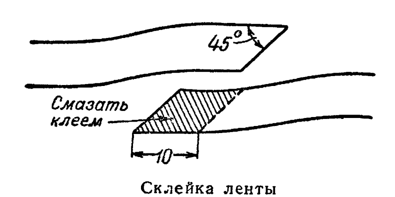

Приспособление для полировки рабочей поверхности ленты.

скими щетками цилиндрической формы, или самой лентой за счет трения рабочих слоев разных участков.

Шлифовка улучшает частотную характеристику ленты за счет улучшения прилегания ее поверхности к магнитным головкам. Шлифовку рекомендуется применять при малых рабочих скоростях (9,53 *мм/сек* и ниже).

Склейка ленты

Для склейки оборвавшейся ленты или ее монтажа применяют специальный клей, состоящий из уксусной кислоты (23,5 *см*^{3}), ацетона (63,5 *см*^{3}) и бутилацетата (13 *см*^{3}).



Склейка ленты

Для склейки концы лент надо аккуратно обрезать ножницами, смазать клеем, сложить и на некоторое время сжать пальцами. Чтобы при воспроизведении на склейке не прослушивался щелчок, ножницы должны быть хорошо размагничены. Склейка менее заметна на слух, если концы ленты обрезать под некоторым углом (например 45°). Соединение концов лент можно производить также при помощи липкого медицинского пластыря, накладывая узкую полосу его на нерабочую сторону соединенных встык лент.

Хранение лент

Ленты хранятся в помещении с температурой 10—20° С и относительной влажностью воздуха 60%. Очень вредно для лент продолжительное воздействие температуры свыше 30° С, поэтому их нельзя хранить около отопительных приборов и держать на солнце. От высокой температуры основа ленты высыхает, делается хрупкой и рвется. Высохшую ленту можно несколько улучшить, слегка смочив водой торцы рулона за 10—15 *мин* до использования ленты.

Во избежание коробления нельзя хранить ленту в сыром помещении. Ленту с записью надо оберегать от воздействия сильных магнитных полей (от мощных трансформаторов, электродвигателей и др.). Нельзя, например, класть ленту на динамический микрофон или громкоговоритель.

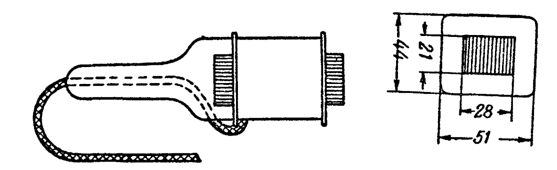
Лента, намотанная на сердечники, должна иметь ровную неребристую поверхность, иначе возможны смятия и разрывы выступающих краев.

9-6. РАЗМАГНИЧИВАНИЕ ЛЕНТЫ И ДЕТАЛЕЙ МАГНИТОФОНА

Размагничивание ленты может производиться или в процессе записи при помощи стирающей головки, питаемой высокой частотой, или перед записью при помощи специального электромагнита, питаемого от сети переменного тока

Для хорошего стирания (т. е. удаления старой записи) необходимо, чтобы отношение $\frac{U}{fwl}$ было не менее 0,0015 (U — напряжение на головке, *в*; f — частота генератора стирания, *кгц*; w — число витков головки, l — ширина стираемой звуковой дорожки, *мм*). Чем больше это отношение, тем лучше стирание

Так как высокочастотный генератор в магнитофоне обычно общий (и для стирания и для подмагничивания), частота f выбирается из условий, определяемых процессом записи: $f = 5 - 6 f_{зв}$, где $f_{зв}$ — верхняя звуковая частота рабочего диапазона данного магнитофона.



Конструкция ручного размагничивающего электромагнита.

Сердечник имеет 60 пластин толщиной 0,35 *мм*. Обмотка содержит 1 680 витков провода ПЭЛ 0,38 для напряжения электросети 220 *в* или 840 витков ПЭЛ 0,47 для напряжения 110 *в*.

Следует иметь в виду, что:

1) свежая запись (после 0,5—1 *ч*) стирается легче, чем старая;

2) повторное стирание ленты ослабляет уровень старой записи,

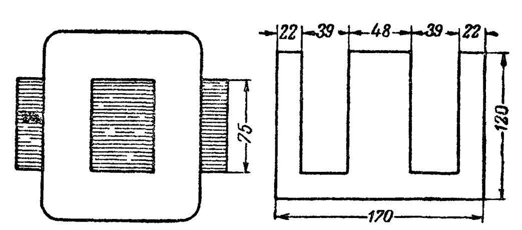
3) запись на ленте типа 2 стирается хуже, чем на ленте типа 1;

4) частоту генератора стирания нужно выбирать минимально необходимой, исходя из приведенных выше условий, повышение частоты приводит к значительному увеличению мощности, потребляемой стирающей головкой,

5) стирающая головка с пакетом сердечника 7 *мм* при частоте генератора 50 *кгц* потребляет мощность порядка 3 *вт*, более узкая головка (для двухдорожечной записи) потребляет пропорционально меньшую мощность

В магнитофонах с питанием от батарей и иногда в магнитофонах-приставках к граммофонному проигрывателю с целью упрощения конструкции и экономии электропитания не применяют генератор стирания, а ленту размагничивают предварительно, перед записью, при помощи электромагнита.

При пользовании электромагнитом сначала нужно включить его в сеть переменного тока на расстоянии не менее 0,5 *м* от размагничиваемого рулона ленты Затем, взяв электромагнит в руку и прибли



Конструкция стационарного размагничивающего электромагнита
Сердечник собран из пластин толщиной 0 5 *мм* Обмотка содержит 201 витков провода ПЬО 2 6 для напряжения электросети 127 *в* Потребляемая реактивная мощность—около 2 *ква*

зив его вплотную к размагничиваемому рулону ленты, следует 2—3 раза медленно провести по поверхности рулона, стараясь, чтобы не осталось участков, не подвергшихся воздействию электромагнита После этого также медленно надо удалить электромагнит и на расстоянии более 0 5 *м* выключить его Электромагнит нельзя оставлять включенным в электросеть более 3 *мин* во избежание его перегрева

Таким же способом можно размагнитить сердечники магнитных головок и стальные детали магнитофона с которыми соприкасается лента во время записи и воспроизведения Эти детали могут случайно (например, от прикосновения отверткой или ножницами) намагнититься и испортить воспроизводимый магнитофильм (появляются шум и трески) Во избежание этого рекомендуется раз в 1—2 мес производить их профилактическое размагничивание Во время размагничивания магнитофон должен быть выключен

Размагнитить рулон ленты диаметром более 130—150 *мм* небольшим ручным электромагнитом довольно трудно (остаются неразмагниченные участки) Большие рулоны нужно размагничивать более мощным (стационарным) электромагнитом

9-7 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ МАГНИТОФОНОВ

Низкочастотная и высокочастотная части магнитофона осуществляются чаще всего по одной из следующих четырех схем

Схема 1 наиболее сложна, но зато и наиболее совершенна так как позволяет вести контроль записи одновременно воспроизводя ее Она состоит из отдельных усилителей записи *УЗ* и воспроизведения *УВ* и оконечного усилителя или оконечного каскада *ОК*

Усилитель записи имеет три входа, рассчитанные на подключение

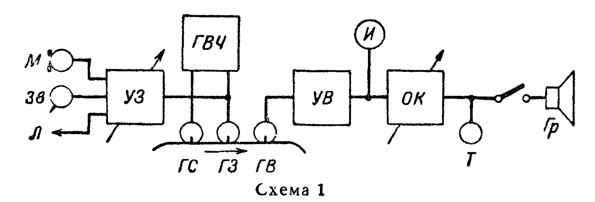


Схема 1

микрофона *М*, линии *Л* с напряжением порядка 3—7 *в* (от радиотрансляционной линии или приемника) и звукоснимателя *Зв* Выравнивание уровней этих трех возможных источников производят или простым делителем на входе усилителя, или подключением их к разным его каскадам Усиление плавно изменяется регулятором уровня записи

Генератор высокой частоты *ГВЧ* служит для стирания и подмагничивания ленты Индикатор уровня *И* подключен на выход усилителя воспроизведения, поэтому регулировка громкости потенциометром на входе оконечного каскада не влияет на показания индикатора.

При записи с микрофона, расположенного вблизи магнитофона, во избежание акустической обратной связи громкоговоритель *Гр* отключается и слуховой контроль ведется на головные телефоны *Т*.

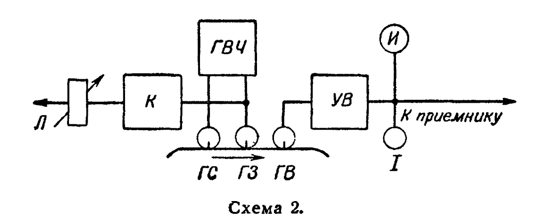


Схема 2.

Схема 2 наиболее проста для магнитофонов-приставок, работающих совместно с радиоприемником Запись можно производить от радиотрансляционной линии или с выхода приемника (запись с микрофона невозможна), откуда сигнал через цепь частотной коррекции *К* поступает на головку записи Усилитель воспроизведения *УВ* служит для предварительного усиления сигнала, воспроизводимого головкой с ленты, и его коррекции С выхода усилителя напряжение поступает на гнезда звукоснимателя радиоприемника

Схема 3 является вариантом предыдущей схемы В ней вместо отдельных головок записи и воспроизведения используется одна универсальная головка *ГУ* При записи эта головка подключается к выходу корректирующей цепи *К*, а при воспроизведении — на вход усилителя *УВ*

Схема 4 наиболее часто встречается в магнитофонах для домашнего пользования Общий универсальный усилитель *УУ* имеет чувствительность по входу, достаточную для целей воспроизведения, и выходную мощность достаточную для работы громкоговорителя.

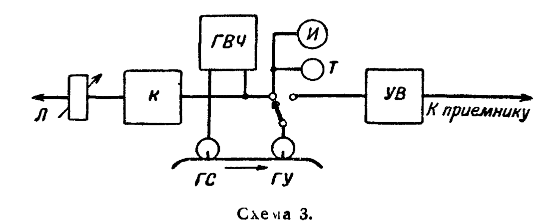


Схема 3.

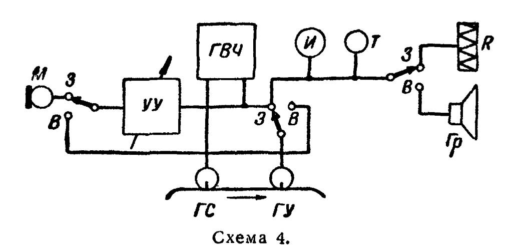


Схема 4.

При переходе с воспроизведения *В* на запись *З* осуществляется необходимая коммутация на входе и выходе усилителя, перестраиваются корректирующие цепи для изменения частотной характеристики и включается высокочастотный генератор *ГВЧ*

Иногда используют вариант этой схемы, в котором выходная лампа работает то как оконечный усилитель (при воспроизведении), то как высокочастотный генератор (при записи). Этим достигается некоторая экономия питания по сравнению со схемой, имеющей отдельную лампу для высокочастотного генератора, сокращается число ламп и уменьшаются габариты магнитофона.

Схема высокочастотного генератора

Генератор (80 *кгц*) для стирания и подмагничивания ленты собран на двойном триоде (6Н1П или 6Н8С). Катушка контура намотана на четырехсекционном каркасе из текстолита или электрокартона и помещена в карбонильный сердечник СБ-4а.

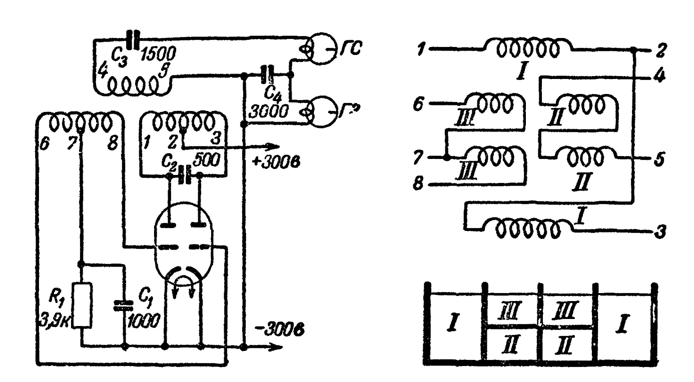


Схема высокочастотного генератора, расположение обмоток катушки и схема соединения обмоток. Обмотка *I* (7,75 *мгн* с сердечником) состоит из 2×220 витков провода ПЭЛ 0,15; обмотка *II*—из 120 витков ПЭЛ 0,25 и обмотка *III*—из 2×50 витков ПЭЛ 0,15

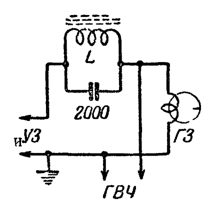


Схема параллельного питания записывающей головки

Катушка L содержащая 200 витков провода ПЭЛ 0 5 помещена в карбонильный сердечник СБ 3а

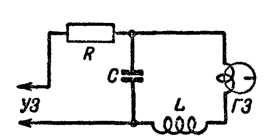


Схема последовательного питания записывающей головки

L — катушка связи с высокочастотным генератором

При нагрузке на высокоомную головку стирания генератор развивает напряжение около 180 *в* Напряжение подмагничивания снимается с конденсатора C_4 по схеме параллельного питания Усилитель записи подключается в этом случае через фильтр пробку

При универсальной головке фильтр пробку можно заменить сопротивлением 10—20 *ком* или применить последовательную схему питания

Схема усилителя воспроизведения

Усилитель рассчитан на работу с высокоомной воспроизводящей головкой Он содержит две лампы типа 6Н1П Питание нитей накала ламп для снижения фона лучше производить выпрямленным током от селенового выпрямителя В этом случае нити обеих ламп целесообразно включать последовательно Цепь из RC между первым и вторым каскадами обеспечивает необходимую частотную характеристику усилителя

Данные приведенные на схеме, соответствуют скорости 762 и 381 *мм/сек* Для скорости 190 5 *мм/сек* сопротивление R_8 следует увеличить до 12 *ком*, а для скорости 95,3 *мм/сек* — до 24 *ком*

В схеме предусмотрены регулятор коррекции R_7 и регулятор усиления R_{10} Допуская некоторое усложнение настройки можно для упрощения конструкции регулятора коррекции не ставить, заменив его постоянным сопротивлением той же величины Регулировка частотной характеристики при этом осуществляется подбором емкости конденсатора C_9

Регулятор усиления служит для установки правильного показания индикатора уровня во время регулировки по контрольной ленте Его для упрощения также можно заменить делителем из двух сопротивлений одно из которых подбирается

Выходной каскад с целью понижения выходного сопротивления собран по схеме катодного повторителя Это позволяет подключать на выход сравнительно низкоомные телефонные трубки (для контроля) и стрелочный индикатор уровня Если в магнитофоне имеется оконечный усилитель на выходе которого может производиться слуховой контроль, а в качестве индикатора уровня применена лампа типа 6Е5С то необходимость в катодном повторителе отпадает Выходной каскад целесообразнее тогда собрать по обычной схеме с нагрузочным сопротивлением в анодной цепи

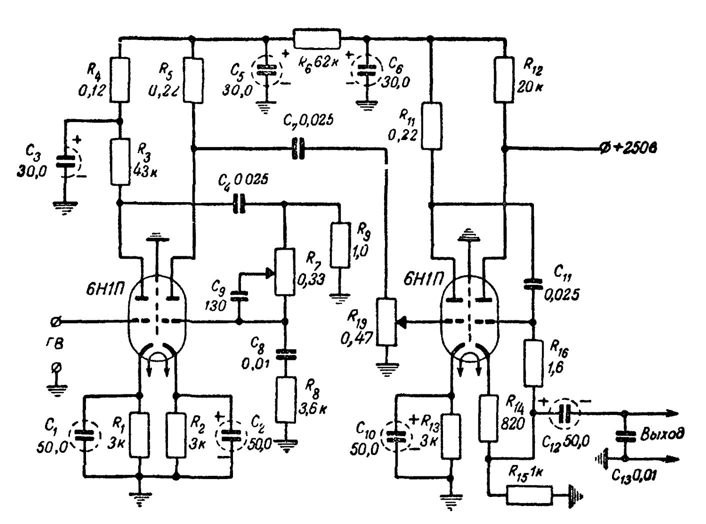


Схема усилителя воспроизведения.

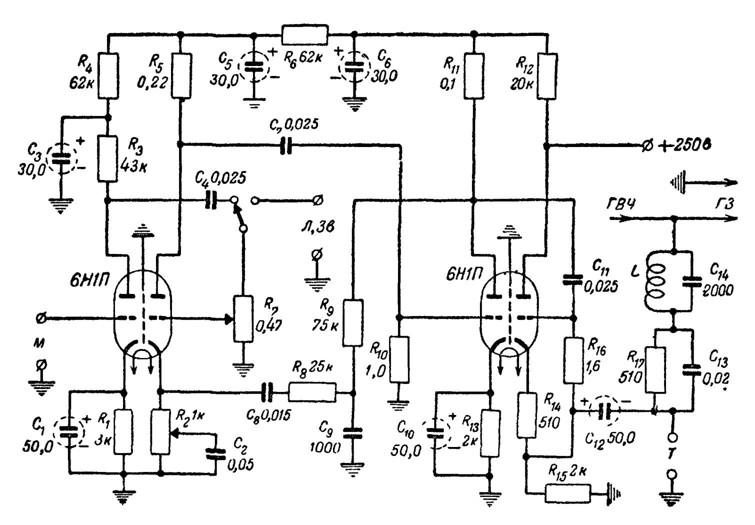


Схема усилителя записи.

Схема усилителя записи

Первый каскад усилителя рассчитан на подключение микрофона типа МД-41. Граммофонный звукосниматель, а также радиотрансляционная линия и приемник подключаются на вход второго каскада. Коррекция частотной характеристики осуществляется за счет частотнозависимой обратной связи, охватывающей второй и третий каскады усилителя.

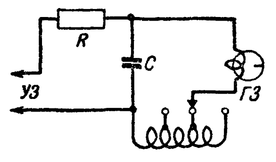
Плавный регулятор коррекции R_2 может быть заменен постоянным сопротивлением той же величины. Подбирая емкость конденсатора C_2 и величину сопротивления обратной связи R_9, можно изменять величину подъема характеристики на верхних частотах.

Выход усилителя рассчитан на подключение типовой записывающей головки при параллельной схеме питания.

Регулировка подмагничивания

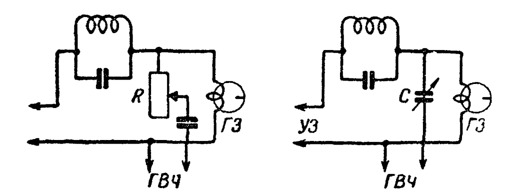
При последовательной схеме питания регулировка подмагничивания производится путем подпайки к тому или иному отводу катушки генератора.

При параллельной схеме, кроме этого способа, имеется возможность плавной регулировки при помощи последовательно включенного



Регулировка подмагничивания путем использования отводов на катушке связи.

переменного сопротивления R или конденсатора C небольшой емкости. Последний вариант лучше, так как при нем мощность высокочастотного генератора не расходуется на регулировку. Величины регулирующих R и C выбираются в зависимости от электрических данных примененной головки и частоты подмагничивания.



Регулировка подмагничивания переменными сопротивлением или конденсатором.

Включение высокочастотного генератора

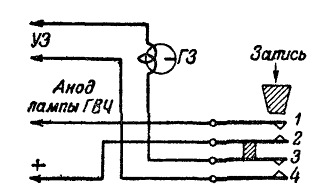
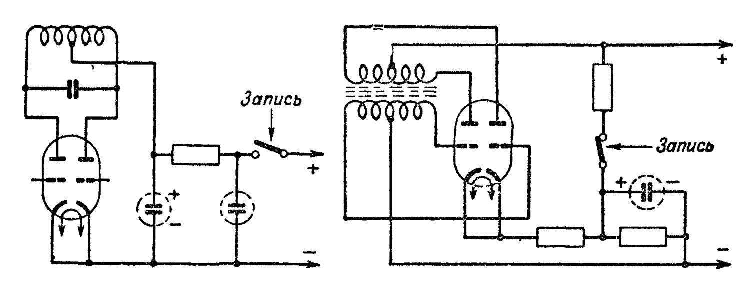


Схема электрической коммутации магнитофона при включении записи.

Во избежание остаточного намагничивания записывающей головки и возникновения по этой причине повышенного шума при записи следует включать и выключать анодное напряжение генератора при отключенной головке записи Это достигается очередностью работы контактов в схеме При переходе на запись сначала замыкаются контакты *1* и *2*, а затем *3* и *4* При выключении записи сначала размыкаются контакты *3* и *4*, а затем *1* и *2*.



Схемы включения высокочастотного генератора обеспечивающие отсутствие вредного намагничивания головки записи

Другой способ состоит в том, что включение генератора производится путем постепенного нарастания анодного или снижения отрицательного сеточного напряжения за счет действия *RC* фильтров с большой постоянной времени

9-8. ИНДИКАТОРЫ УРОВНЯ ЗАПИСИ

Согласно ГОСТ 08088 все магнитофоны, работающие без внешних устройств измерения уровня записи и не имеющие устройств автоматического поддержания указанного уровня, должны быть снабжены ин-

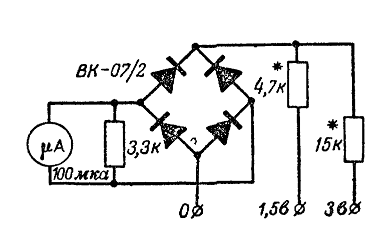


Схема стрелочного индикатора уровня Сопротивления, отмеченные знаком *, подбираются при регулировке.

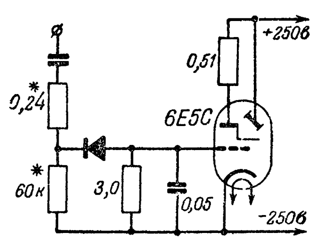


Схема электронно лучевого индикатора Сопротивления отмеченные знаком *, подбираются при регулировке.

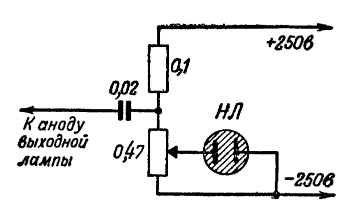


Схема индикатора с неоновой лампой.

дикатором уровня записи. Применяются индикаторы трех видов: 1) стрелочные, состоящие из чувствительного микроамперметра постоянного тока и полупроводникового выпрямителя, 2) электронно-лучевые, использующие широкоизвестные индикаторы настройки радиоприемников, и 3) газосветные с неоновой лампой.

Наиболее удобен при записи стрелочный индикатор. Наименее удобен хотя и очень прост в изготовлении, индикатор с неоновой лампой. Последняя в моменты вспышки нагружает выходной каскад магнитофона и вызывает поэтому увеличение нелинейных искажений.

9-9. СТЕРЕОФОНИЧЕСКАЯ ЗВУКОЗАПИСЬ

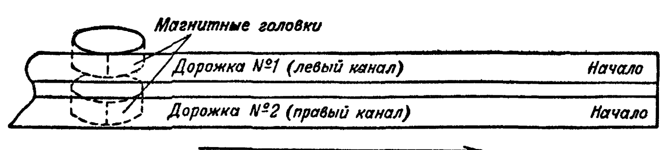
При воспроизведении обычной звукозаписи пространственное расположение источников звука не ощущается слушателями, так как воспроизведение ведется из общей точки, где расположен громкоговоритель. Это намного нарушает впечатление натуральности. Данный недостаток в большей или меньшей степени устраняется в различных системах стереофонической звукозаписи.

Принцип ее заключается в том, что записываемый звук воспринимается несколькими разнесенными микрофонами и записывается раздельно на соответствующее число звуковых дорожек, располагаемых для облегчения синхронизации при воспроизведении на общем звуконосителе.

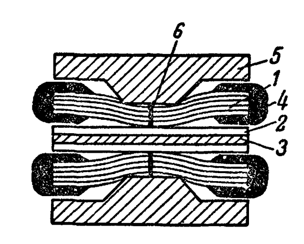
Воспроизводится стереофоническая запись при помощи нескольких громкоговорителей, число которых (а по возможности и расположение), соответствует числу и расположению микрофонов при записи.

При стереофонической записи-воспроизведении имеется, таким образом, ряд независимых каналов звукопередачи. Чем больше их число, тем лучше передается пространственная перспектива в звучании Пять каналов дают отличную стереофоничность звука, три — хорошую и два — удовлетворительную. Пять и три канала используются в широкоэкранном кино, два канала наиболее подходящи для любительских целей.

Многоканальная запись производится на специальную широкую, а двухканальная — на обычную узкую ферромагнитную ленту В последнем случае должны записываться одновременно (в отличие от двухдорожечной) две звуковые дорожки. ГОСТ 08088 нормализует положение этих дорожек Дорожка № 1 должна содержать запись левого (в направлении от слушателей) канала. Рабочие щели головок,



Расположение звуковых дорожек при стереофонической записи.



Принцип устройства головки для стереофонической записи и воспроизведения.

1—сердечник из изогнутых полуколец; *2*—немагнитная прокладка; *3* — пермаллоевый экран, *4* — катушка; *5* — боковая щечка для стяжки головки; *6* — рабочий зазор.

записывающих обе дорожки (а соответственно и воспроизводящих), должны располагаться на одной линии. Расстояние между дорожками должно быть не менее 0,75 *мм*.

Чтобы сохранить при воспроизведении пространственный эффект, переходное затухание между каналами должно быть не менее 25 *дб*. Для этого между магнитными головками помещают пермаллоевый экран.

Наилучшее расположение микрофонов при записи находится опытным путем Расстояние между микрофонами (1,5—5 *м*) устанавливается в зависимости от характера записи Регулировку усиления производят одновременно в обоих каналах записи Контроль ведется на два индикатора уровня (по одному для каждого канала) и на специально смонтированные телефонные трубки, у которых правый наушник подключен к правому, а левый — к левому каналам Слушая запись на такие трубки, можно судить, насколько удачно передается звуковая перспектива, и при необходимости подбирать лучшее расположение микрофонов.

При воспроизведении стереофонической записи следует найти наиболее удачное для данного помещения расположение громкоговорителей Усиление в обоих каналах и громкоговорители следует брать одинаковыми.

9-10. МАГНИТОФОНЫ ШИРОКОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ[1]

Технические данные	„Эльфа 10"	„Днепр 9"	„Яуза"	МП 2[*]
Размеры, *мм*	410×315×175	500×330×340	460×180×325	—
Вес (без принадлежностей) *кг*	18,3	23	13,7	4
Потребляемая мощность *вт*	75	82	60	—
Время записи с одной кассетой ленты *мин*	2×30	2×30	2×15	2×10
Тип кассеты	№ 18	№ 18	№ 13	—
Выходная мощность, *вт*	1	2,5	1	—
Чувствительность микрофонного входа *мв*	1	1,5	2	2
линейного входа *в*	7	7	5	3
Количество громкоговорителей *шт*	1	2	2	—
Работа регулятора тембра	На завал верхних частот	Раздельная коррекция верхних и нижних частот	На завал верхних частот	—
Автоматический отвод ленты от головок при перемотке	Нет	Есть	Нет	Нет
Выход для подключения внешнего громкоговорителя	Есть	Есть	Есть	Нет
Индикатор уровня	Лампа 6Е5С	Лампа 6Е5С	Лампа 6Е5С	Лампа 6Е5С
Слуховой контроль при записи	На громкоговоритель	На телефон	На громкоговоритель и телефон	На телефон

[1] В таблицу не включены магнитофоны, выпускавшиеся до 1957 г.

[*] Магнитофон-приставка МП-2 состоит из двух отдельных частей (лентопротяжного механизма и усилителя), громкоговорящее воспроизведение осуществляется через радиоприемник.

Все эти магнитофоны используют ленту типа 2 и работают при скорости ленты 190,5 *мм/сек* (в магнитофоне «Яуза», кроме того, есть вторая нестандартная скорость 82,5 *мм/сек*, пригодная для речевых записей). Запись в них двухдорожечная. В части качественных показателей, а также по ряду нормализованных показателей все они соответствуют ГОСТ 08088. Исключение представляет магнитофон-приставка МП-2, у которого лента на кассетах намотана рабочим слоем наружу, а вращение сматываемой кассеты производится по часовой стрелке. Магнитофоны рассчитаны на питание от электросети 110 и 220 *в*. В них предусмотрена ускоренная перемотка ленты в прямом и обратном направлениях. При записи используется высокоомный электродинамический микрофон типа МД-41.

9-11. ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАГНИТОФОНАХ

Марка	Система	Напряжение питания *в*	Мощность на валу *вт*	Потребляемая мощность *вт*	Скорость вращения *об/мин*	Пусковой момент, *г·см*	Емкость внешнего конденсатора *мкф*	Внешнее сопротивление *ом*	Вес, *кг*	Диаметр *мм*	Высота (без вылета вала), *мм*	Назначение
ДВС-У1	Синхронно реактивный	220	15	78	1 500	800	2,5	500	4,2	110	132	Ведущий в трехмоторном механизме
ДВА У3	Асинхронный	220	30	90	1 430	2 000	2,5	500	4,2	110	132	Ведущий и перематывающий в двухмоторном механизме
ДВА-У4	То же	220	6	37	610	1 100	1,25	500	4,2	110	132	То же
ДПА У2	" "	220[1]	—	61	0—1 300	2 000	1,5	250	3	110	112	Перематывающий в трехмоторном механизме
ДАГ-1[2]	" "	127 и 220[2]	2	14	1 200	70	—	—	1,4	100	70	Ведущий и перематывающий в одномоторном механизме с длиной ленты до 350 *м*
ДПА 010/5-4[3]	" "	220[1]	—	100	0—1 430	3 000	1,5	250	5,8	26	210	Перематывающий
ДВС-010/5-4[3]	Синхронно-реактивный	220	15	78	1 500	800	2,5	500	6,6	126	210	Ведущий
АД-2[4]	Асинхронный	127	5	25	1 480	—	2,5	250	—	100	70	Ведущий и перематывающий в одномоторном механизме с длиной ленты до 500 *м*

[1] В режиме подмотки и электрического торможения напряжение снижается до 80—140 *в*. [2] При 220 *в* обе катушки статора включаются последовательно. [3] Применяется главным образом в профессиональной аппаратуре, снабжен тормозным устройством. [4] Электродвигатель от магнитофона „Яуза".

20*

9-12. ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАТЕЛИ И ЭЛЕКТРОФОНЫ[1]

Наименование	Звукосниматель	Двигатель	Скорость вращения *об/мин*	Рабочее напряжение сети *в*	Потребляемая мощность, *вт*	Выходная мощность, *вт*	Вес, *кг*
„Аврора"	Пьезокерамический	Асинхронный	78 и 33,3	127 и 220	Не более 18	—	4,5
„Эльфа-7"	Пьезокристаллический	Асинхронный типа ДАП-1	78 и 33,3	127 и 220	То же	—	4,5
„Тайга"	Пьезокерамический	Асинхронный	78 и 33,3	127 и 220	35	1	7,8
„Волга"	„	„	78 и 33,3	127 и 220	35	1	5,8

[1] Электрофоном называют электропроигрыватель, смонтированный в одном ящике с усилителем и громкоговорителем.

9-13. ГРАММОФОННЫЕ ЗВУКОСНИМАТЕЛИ

Марка	Чувствительность не менее, *мв см·сек*	Воспроизводимый диапазон частот, *гц*	Вес, приведенный к концу иглы, *г*	Катушка		
				Число витков	Провод	Сопротивление обмотки, *ом*
З-да „Радист“ (электромагнитный)	—	75—4 500	120	6 000	ПЭЛ 0,05	3 000
З-96 („Аккорд“ электромагнитный)	—	50—5 500	90	4 500	ПЭЛ 0,05	1 600
З-94 (электромагнитный)	—	75—6 500	60	4 500	ПЭЛ 0,05	1 600
АПР (пьезоэлектрический с элементом из сегнетовой соли)	—	Пик на частоте 6 000—7 000	70—80	—	—	—
ПЗ-1 (пьезоэлектрический с элементом из сегнетовой соли)	—	То же	70—80	—	—	—
ЗПК-56 (пьезоэлектрический с керамикой титаната бария)[1]	75	30—12 000	12	—	—	—
ЗУФ-52 (пьезокристаллический с кристаллом фосфата аммония)[1,2]	100	30—7 000	15 и 30	—	—	—
УЭЗ-1 (электромагнитный от радиолы „Даугава“)[1,3]	50	50—7 000	16	—	—	—

[1] Пригоден для воспроизведения как обычных, так и долгоиграющих пластинок. [2] Не рекомендуется применять при относительной влажности окружающей атмосферы более 65%. [3] Не рекомендуется применять при стальном диске электропроигрывателя. [4] Наибольший сигнал записи соответствует амплитуде колебательной скорости 18 *см/сек* для обычной пластинки и 12 *см/сек* — для долгоиграющей.

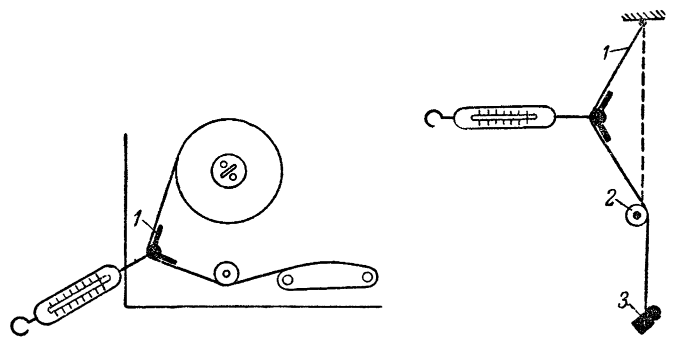
9-14 СВЕДЕНИЯ, ПОЛЕЗНЫЕ ДЛЯ КОНСТРУКТОРА МАГНИТОФОНА

1. Рассчитать радиус рулона ленты r (см), обеспечивающего запись в течение времени t (*сек*) при скорости движения v (*см/сек*), можно по формуле

$$r = \sqrt{r_0^2 + tv\frac{d}{\pi}},$$

где r_0 — начальный радиус намотки рулона, *см*;
d — толщина ленты, *см*

2. Измерить натяжение ленты во время ее движения в магнитофоне можно при помощи градуированного пружинного динамометра Лента перекидывается через ролик укрепленный на тяге динамометра, и последний оттягивается рукой настолько, чтобы направление ленты совпадало с двумя указателями, после чего по шкале производится отсчет. Градуировка прибора осуществляется при помощи набора гирь



Динамометр для измерения натяжения ленты в магнитофоне.
1 — указатели правильного направления ленты.

Градуировка динамометра для измерения натяжения ленты.
1 — нить, *2* — вспомогательный обводной ролик; *3* — гиря.

3. Для любительской звукозаписи наиболее пригоден электродинамический микрофон типа МД-41 Внутри микрофона расположен тороидальный трансформатор с большим коэффициентом повышения, благодаря чему микрофон развивает большую э д с. Сопротивление нагрузки микрофона должно быть не менее 0,5 *Мом*

Чувствительность микрофона (при нагрузке 0,5 *Мом*) составляет не менее 3 *мв/бар* Частотная характеристика 1 000—5 000 *гц* имеет неравномерность в пределах 6 *дб*, а от 1 000 *гц* в сторону низких частот она равномерно снижается, достигая завала — 20 *дб* на 100 *гц*.

4. Диаметр D (*мм*) ведущего ролика рассчитывают по формуле

$$D = \frac{60}{\pi} \cdot \frac{v}{n} - d,$$

где v — скорость ленты, *мм/сек*;
n — число оборотов ведущего ролика в минуту;
d — толщина ленты, *мм*.

5 Помехоустойчивый кабель для монтажа в магнитофоне микрофонных цепей и линии от воспроизводящей головки можно изготовить следующим образом два тонких многожильных провода в шелковой изоляции (например, МГШД 7×0,1) перевиваются возможно чаще, на них надевается хлорвиниловая трубка и поверх нее — металлическая оплетка (чулок).

9-15. СОВЕТЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЗАПИСИ НА МАГНИТОФОНЕ

1 При записи в шумном помещении микрофон следует располагать возможно ближе к источнику звука.

2 При приближении микрофона к источнику звука запись получается более глухой, а при удалении — более гулкой (с большей реверберацией).

3 При записи в больших незаглушенных помещениях для улучшения разборчивости речи надо держать микрофон ближе к говорящему или натягивать позади микрофона плотную ткань (например, одеяло).

4 При записи на открытом воздухе надо оберегать микрофон от прямого действия ветра. Для этого можно надеть на микрофон короткий (15—20 *см*) рупор из плотной бумаги.

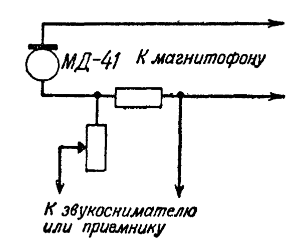


Схема для комбинированной записи с граммофонной пластинки и микрофона.

5 При записи группы исполнителей (3—5 чел) микрофон можно подвешивать в центре группы над исполнителями на высоте 2—2,5 *м* от пола

6 Запись хора следует производить с малым уровнем во избежание комбинационных искажений.

7. При перезаписи граммофонной пластинки нужно предварительно при пробном прослушивании выбрать по индикатору магнитофона правильный уровень записи и в дальнейшем при перезаписи не изменять положения регулятора уровня.

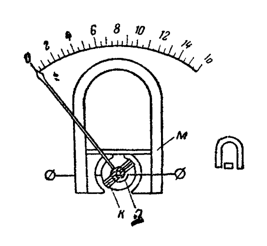
8 Для комбинированной записи с микрофона в сопровождении воспроизведения граммофонной пластинки или радиоприемника можно использовать простую схему совместного включения микрофона и звукоснимателя или радиоприемника.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

ИЗМЕРЕНИЯ

10-1. СИСТЕМЫ СТРЕЛОЧНЫХ ПРИБОРОВ

Схематическое устройство и обозначение прибора	*Принцип работы, свойства и применение*

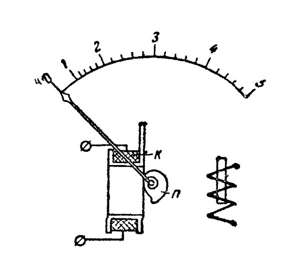


Магнитоэлектрическая система

В поле постоянного магнита *М* находится вращающаяся катушка *К*, по которой проходит измеряемый ток. Угол поворота катушки, преодолевающей противодействие спиральной пружинки *П*, пропорционален току. Нулевое положение стрелки устанавливается при помощи той же пружинки *П*.

Прибор дает большую точность измерения. Шкала прибора линейная равномерная. Потребляемый ток обычных вольтметров 1—10 *ма*, высокочувствительных образцов — 25—250 *мка* и амперметров — 5—30 *ма*. Внутреннее сопротивление вольтметров 100—1 000 *ом* на 1 *в*, а у специальных типов — до 20 000 *ом* на 1 *в* шкалы.

Применяется для измерения постоянного тока и напряжения. С детектором используется для измерения переменных токов и напряжений низкой частоты, а с термопреобразователем — для измерения токов высокой частоты.

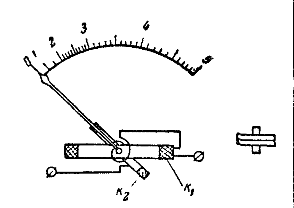


Электромагнитная система

Ток проходит по обмотке плоской неподвижной катушки *К*, внутри которой вращается эксцентрично укрепленная пластинка *П* из мягкой стали. Пластинку втягивает внутрь катушки магнитное поле, создаваемое измеряемым током.

Шкала прибора неравномерная, квадратичная. Потребляемый ток 10—50 *ма*. Внутреннее сопротивление вольтметров в среднем около 30 *ом* на 1 *в* шкалы.

Применяется для измерения постоянного и переменного тока и напряжения промышленной частоты.



Электродинамическая система

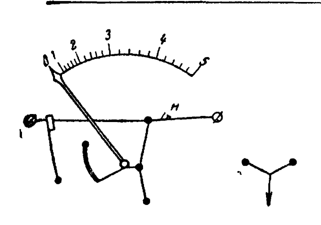
Прибор состоит из неподвижной катушки K_1 и подвижной K_2. Ток проходит по обеим катушкам, причем *К* вращается внутри K_1. Угол поворота катушки K_2 зависит от величины тока, проходящего по катушкам.

Шкала прибора неравномерная, квадратичная. Потребляемый ток и внутреннее сопротивление зависят от конструкции прибора.

Применяется для измерения постоянного и переменного тока и напряжения низкой частоты, а также для измерения мощности.

Продолжение

Схематическое устройство и обозначение прибора	Принцип работы, свойства и применение

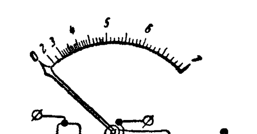


Тепловая система

Туго натянутая тонкая платино-иридиевая нить *Н* нагревается проходящим через нее измеряемым током. Вызываемое этим удлинение нити влечет за собой вращение оси стрелки.

Шкала прибора неравномерная, квадратичная. Сопротивление нити порядка 0,1 *ом*. Система невосприимчива к внешним мешающим полям. Показания зависят от окружающей температуры.

Применяется для грубых измерений переменных токов высокой частоты

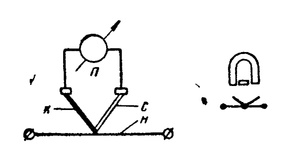


Электростатическая система

Прибор состоит из неподвижных *А* и подвижных *Б* пластин. Измеряемое напряжение подводится одним полюсом к неподвижным пластинам, а другим к подвижным, которые втягиваются при этом внутрь неподвижных. Угол поворота стрелки зависит от величины приложенного напряжения.

Прибор практически не потребляет мощности. Шкала сжата вначале и почти равномерна в остальной части.

Применяется для измерения высоких напряжений в цепях постоянного и переменного тока.

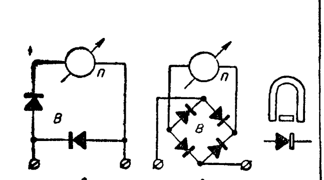


Термоэлектрическая система

Измеряемый ток проходит через нить *Н* и подогревает место спая термопары, состоящей из стальной *С* и константановой *К* проволок. Между этими проволоками возникает термо-э. д. с., которая создает постоянный ток через магнитоэлектрический прибор *П*. Прибор градуируется на значения переменного тока, протекающего через нить *Н*.

Шкала прибора неравномерная, близкая к квадратичной. Точность невысокая порядка 2,5% на технической частоте и порядка 5% на высокой частоте.

Применяется для измерения переменных токов низкой и высокой частоты.



Детекторная система

Измеряемое переменное напряжение (или ток) выпрямляется при помощи выпрямителя *В* (обычно купроксного типа) и затем подводится к магнитоэлектрическому прибору *П*. Выпрямление производится по однополупериодной (рис. *А*) или мостовой (рис. *Б*) схеме.

Шкала сжата вначале и почти равномерна в остальной части. Прибор обладает высокой чувствительностью и отличается малым собственным потреблением тока.

Применяется для измерения токов и напряжений с частотой до нескольких килогерц.

10-2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ШКАЛАХ ПРИБОРОВ

Техническая характеристика	Условное обозначение	Техническая характеристика	Условное обозначение
Вольтметр	V	Класс точности прибора 2,5	(2,5)
Амперметр	A	Изоляция прибора испытана напряжением 2 *кв*	ϟ2кV
Омметр	Ω	Вертикальная установка прибора	↑
Прибор предназначен для включения в цепь постоянного тока	—	Горизонтальная установка прибора	→
Прибор предназначен для включения в цепь переменного тока	~	Наклонная установка прибора под углом 60°	∠60°
Прибор может включаться в цепи постоянного и переменного тока	≂	Предостерегающий знак высокого напряжения	ϟϟ

10-3 КЛАССЫ ТОЧНОСТИ

По степени точности измерения электроизмерительные приборы делятся на семь классов 0,1 0,2, 0,5 1, 1,5 2,5 и 4 (ГОСТ 1845 52)

Показатель класса характеризует наибольшую допустимую погрешность измерения и выражает эту погрешность в процентах от наибольшего показания шкалы Погрешность может быть положительной или отрицательной т е прибор может давать как преувеличенные, так и преуменьшенные значения

	Прецизионные (особо точные) приборы	Технические приборы
Класс точности	0,1, 0,2, 0,5,	1, 1,5, 2,5, 4
Допустимая погрешность, % всей шкалы	±0,1, ±0,2, ±0,5	±1, ±1,5, ±2,5, ±4

Например, вольтметр класса 1,5 со шкалой на 300 *в* может давать в любом месте рабочей части шкалы погрешность до ±1 5% от 300 *в*, т е до ±4,5 *в* Погрешность вольтметра класса 0 2 с такой же шкалой не должна превышать ±0 2% от 300 *в*, т е ±0 6 *в*

Приборы с погрешностью более 4% считаются внеклассными

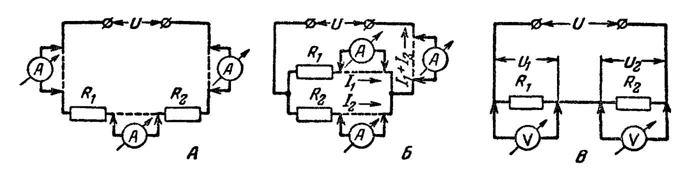
10-4. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКА, НАПРЯЖЕНИЯ И МОЩНОСТИ

Принципы измерения токов и напряжений одинаковы для постоянного и переменного тока любой частоты. Однако при измерениях на звуковой и высокой частоте необходимо принимать меры для устранения ошибок, вносимых собственной емкостью измерительной цепи и ее элементов.

Измерение тока

Измерительный прибор (амперметр или миллиамперметр) включается последовательно с нагрузкой в любое место исследуемой цепи (схема *А*).

При измерении в параллельных ветвях цепи прибор включается в соответствующую ветвь (схема *Б*).



Внутреннее сопротивление прибора должно быть малым по сравнению с сопротивлением измеряемой цепи, чтобы избежать ошибки из-за недопустимого уменьшения измеряемого тока при включении прибора.

Величину тока можно определить и путем измерения падения напряжения на сопротивлении, величина которого известна (схема *В*). В этом случае неизвестный ток

$$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}.$$

Измерение напряжения

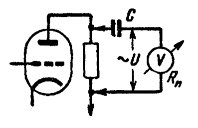
Измерительный прибор (вольтметр) включается параллельно участку цепи, на котором производится измерение (схема *В*).

Наиболее употребительные способы измерения напряжения (при помощи магнитоэлектрических, электромагнитных, электродинамических и тепловых приборов) представляют по существу измерения величины тока, причем через прибор течет небольшой ток, являющийся мерой напряжения, существующего между точками, к которым подключен прибор. Шкала прибора градуируется в вольтах. Лишь электростатические и ламповые вольтметры реагируют непосредственно на напряжение, а не на ток.

Внутреннее сопротивление вольтметра должно быть возможно бо́льшим по сравнению с сопротивлением участка цепи, на котором производится измерение, чтобы избежать ошибки из-за уменьшения этого сопротивления при включении прибора.

При измерении переменного напряжения на участке цепи, в которой содержится постоянная составляющая напряжения, вольтметр переменного тока присоединяется к нужным точкам цепи через конден-

сатор. Реактивное сопротивление конденсатора



$$X_{C\,(ом)}=\frac{10^6}{2\pi f_{(гц)}C_{(мкф)}}$$

должно быть значительно меньше сопротивления прибора, т. е.

$$\frac{10^6}{2\pi fC}\ll R_n,$$

где R_n — сопротивление прибора вместе с добавочным сопротивлением для данной шкалы.

Пример. $f=1\,000$ *гц*; $R_n=250\,000$ *ом*; $C=0{,}1$ *мкф*. При этом

$$X_C=\frac{10^6}{2\cdot 3{,}14\cdot 1\,000\cdot 0{,}1}\approx 1\,500 \text{ ом}.$$

$1\,500\ll 250\,000$, т. е. условие удовлетворено.

Измерение мощности

Наиболее распространенным способом является косвенное измерение, при котором измеряются ток и напряжение, а мощность определяется расчетом:

$$P_{(вт)}=I_{(а)}\,U_{(в)}.$$

Если напряжение известно, то достаточно измерить только ток, а если известен ток, то измеряется только напряжение

Если известно сопротивление нагрузки, мощность определяется по измеренному току:

$$P_{(вт)}=I^2_{(а)}\,R_{(ом)}$$

или по измеренному напряжению:

$$P_{(вт)}=\frac{U^2_{(в)}}{R_{(ом)}}.$$

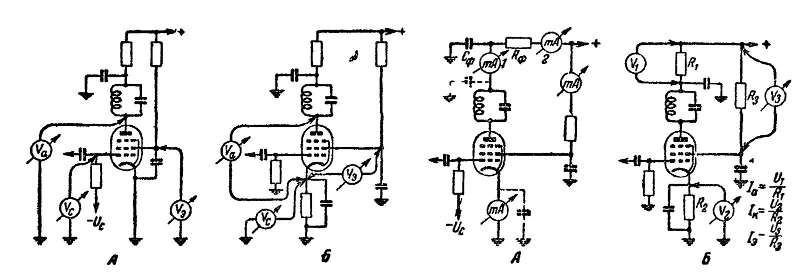
Пример 1. $I=50$ *ма*; $R=1\,000$ *ом*. Тогда $P=0{,}05^2\cdot 1\,000=0{,}25$ *вт*

Пример 2. $U=100$ *в*; $R=1\,000$ *ом*.
Тогда

$$P=\frac{100^2}{1\,000}=10 \text{ вт}.$$

Специальные приборы с двумя рамками — ваттметры — позволяют одновременно измерять напряжение и ток. Стрелка таких приборов указывает на шкале сразу величину мощности.

10-5. ИЗМЕРЕНИЕ РЕЖИМА ЛАМП



Измерение напряжения на электродах лампы

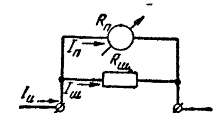
А — при схеме с заземленным катодом; *Б* — при схеме с автоматическим смещением.

Измерение тока в цепях электродов лампы

А — при помощи миллиамперметра (*1* — при отсутствии и *2* — при наличии развязывающего фильтра $R_ф C_ф$), *Б*—при помощи вольтметра.

10-6. РАСШИРЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ

При измерении токов для расширения пределов измерений параллельно прибору включается сопротивление $R_ш$ (шунг), величина которого выбирается в зависимости от внутреннего сопротивления самого прибора $R_п$ и нового предела измерения За счет шунта уменьшается ток, текущий через прибор



$$I_и = I_п \frac{R_п + R_ш}{R_ш}, \quad R_ш = R_п \frac{I_п}{I_и - I_п},$$

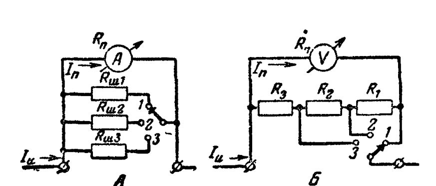
где $I_и$ — наибольшая величина тока, который должен быть измерен прибором с шунтом,

$I_п$ — ток полного отклонения стрелки прибора без шунта,

$I_и$ и $I_п$ — в одинаковых единицах (*а* или *ма*).

Пример. $R_п = 20$ *ом*, $I_п = 10$ *ма*, $I_и = 50$ *ма*

$$R_ш = 20 \frac{10}{50-10} = 5 \text{ ом}.$$



Схемы многопредельных миллиамперметров

Значения $R_{ш1}$, $R_{ш2}$ и $R_{ш3}$ в схеме *А* рассчитываются для соответствующих пределов измерений $I_{и1}$, $I_{и2}$ и $I_{и3}$ по указанной выше формуле, так же как и в предыдущем примере.

В схеме *Б* положение *1* соответствует I_{u1}, положение $2 - I_{u2}$ и положение $3 - I_{u3}$.

$$R_1 + R_2 + R_3 = R_ш; \quad R_1 = R_ш - \frac{I_{u1}}{I_{u2}} R_ш;$$

$$R_2 = R_ш - R_1 - \frac{I_{u1}}{I_{u3}} R_ш; \quad R_3 = R_ш - R_1 - R_2.$$

Величина $R_ш$ выбирается такой, чтобы $R_ш \geqslant 10R_п$.

Пример. $R_п = 100$ *ом*; $I_{u1} \approx I_п = 1$ *ма*; $I_{u2} = 5$ *ма*; $I_{u3} = 10$ *ма*.

Выбираем $R_ш = 10\ R_п = 1\,000$ *ом*; тогда

$$R_1 = 1\,000 - \frac{1}{5}\,1\,000 = 800 \ ом;$$

$$R_2 = 1\,000 - 800 - \frac{1}{10}\,1\,000 = 100 \ ом;$$

$$R_3 = 1\,000 - 800 - 100 = 100 \ ом.$$

При большем числе пределов измерений сопротивления шунтов рассчитываются по такому же принципу.

При измерении напряжений для расширения пределов измерений последовательно с прибором включается добавочное сопротивление $R_д$, величина которого выбирается в зависимости от внутреннего сопротивления самого прибора $R_п$ и нового предела измерений. За счет добавочного сопротивления уменьшается напряжение, падающее на самом приборе:

$$R_д = R_п \left(\frac{U_u}{U_0} - 1 \right),$$

где U_u — наибольшая величина напряжения, которое должно быть измерено прибором с добавочным сопротивлением;

U_0 — наибольшее значение напряжения, измеряемого прибором без добавочного сопротивления.

Пример. $R_п = 1\,000$ *ом*; $U_0 = 5$ *в*; $U_u = 250$ *в*.

$$R_д = 1\,000 \left(\frac{250}{5} - 1 \right) = 49\,000 \ ом.$$

Чтобы сделать заново вольтметр со шкалой на U_u *в*, величину добавочного сопротивления к прибору определяют по формуле

$$R_д = \frac{1\,000 U_u}{I_п} - R_п,$$

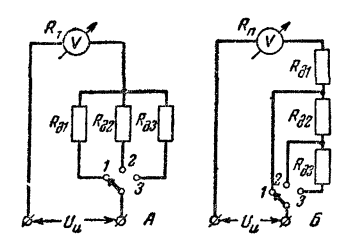
где $I_п$ — ток, *ма*, при котором стрелка прибора отклоняется на всю шкалу, этот ток тем меньше, чем чувствительнее прибор.

Пример. $R_п = 100$ *ом*, $I_п = 1$ *ма*, $U_и = 10$ *в*.

$$R_д = \frac{1\,000 \cdot 10}{1} - 100 = 9\,900 \text{ ом}.$$

В схеме *А* добавочное сопротивление $R_{д1}$ определяет предел измерений $U_{и1}$, $R_{д2}$ — предел $U_{и2}$ и $R_{д3}$ — предел $U_{и3}$.

Пример. $R_п = 100$ *ом*, $I_п = 2$ *ма*, $U_{и1} = 50$ *в*, $U_{и2} = 150$ *в*; $U_{и3} = 250$ *в*.



Схемы многопредельных вольтметров

$$R_{д1} = \frac{1\,000 \cdot 50}{2} - 100 = 24\,900 \text{ ом};$$

$$R_{д2} = \frac{1\,000 \cdot 150}{2} - 100 = 74\,900 \text{ ом};$$

$$R_{д3} = \frac{1\,000 \cdot 250}{2} - 100 = 124\,900 \text{ ом}.$$

В схеме *Б* предел измерений $U_{и1}$ определяется сопротивлением $R_{д1}$, предел $U_{и2}$ — сопротивлениями $R_{д1} + R_{д2}$ и предел $U_{и3}$ — сопротивлениями $R_{д1} + R_{д2} + R_{д3}$

Пример. $R_п = 100$ *ом*, $I_п = 2$ *ма*, $U_{и1} = 3$ *в*, $U_{и2} = 30$ *в*; $U_{и3} = 300$ *в*.

$$R_{д1} = \frac{1\,000 \cdot 3}{2} - 100 = 1\,400 \text{ ом};$$

$$R_{д1} + R_{д2} = \frac{1\,000 \cdot 30}{2} - 100 = 14\,900 \text{ ом},$$

откуда

$$R_{д2} = 14\,900 - 1\,400 = 13\,500 \text{ ом};$$

$$R_{д1} + R_{д2} + R_{д3} = \frac{1\,000 \cdot 300}{2} - 100 = 149\,900 \text{ ом},$$

откуда

$$R_{д3} = 149\,900 - 13\,500 - 1\,400 = 135\,000 \text{ ом}.$$

Внутреннее сопротивление вольтметра включает величину сопротивления катушек прибора и величину добавочного сопротивления расширяющего предел измерений для данной шкалы На разных шкалах внутреннее сопротивление одного и того же многопредельного вольтметра различно в зависимости от величины добавочного сопротивления Поэтому вольтметр оценивается по *величине внутреннего сопротивления, приходящегося на* 1 *в шка*

лы ($R'_{вн}$), которое остается одинаковым для всех шкал данного прибора

Величина внутреннего сопротивления на 1 *в* шкалы определяется по формуле

$$R'_{вн} = \frac{1\,000}{I_n},$$

где I_n — ток, *ма*, при котором стрелка прибора отклоняется на всю шкалу.

Пример. $I_n = 0{,}5$ *ма*; тогда

$$R'_{вн} = \frac{1\,000}{0{,}5} = 2\,000 \text{ ом/в}.$$

Внутреннее сопротивление вольтметра $R_{вн}$ со шкалой U_u будет:

$$R_{вн} = R'_{вн} U_u.$$

Пример. $U_u = 250$ *в*; $R'_{вн} = 2\,000$ *ом/в*.

$$R_{вн} = 2\,000 \cdot 250 = 500\,000 \text{ ом}.$$

Добавочные сопротивления и шунты можно составлять путем комбинаций из последовательно и параллельно соединяемых непроволочных сопротивлений Мощность, рассеиваемая на сопротивлениях, не должна превышать 20% номинальной величины, указанной на сопротивлении

Градуировка приборов после переделки должна производиться по приборам класса, высшего хотя бы на одну ступень

10-7. ЛАМПОВЫЕ ВОЛЬТМЕТРЫ

Принцип действия. Величина измеряемого напряжения (постоянного или переменного), подводимого к управляющей сетке лампы вольтметра, определяется косвенным путем — по изменению анодного тока лампы, которое происходит под действием этого напряжения. В распространенных схемах ламповых вольтметров переменное напряжение предварительно выпрямляется при помощи диода и затем выпрямленное напряжение подается на сетку лампы вольтметра

Свойства. *При измерении постоянных напряжений* прибор имеет высокое входное сопротивление (порядка 10 *Мом* и более), которое не зависит от предела измерений

При измерении переменных напряжений прибор отличается высоким входным сопротивлением вплоть до очень высоких частот (100 *Мгц* и даже выше) и независимостью показаний от частоты.

Основные погрешности измерений вызываются непостоянством питающих напряжений и разницей в параметрах ламп вольтметра при смене последних, а для переменных напряжений, кроме того, отклонением формы измеряемого напряжения от чисто синусоидальной при которой производится градуировка, и на высоких частотах — шунтирующим действием входной емкости

Входное сопротивление $R_{вх}$ при измерениях на постоянном токе равно сопротивлению между входными зажимами вольт-

метра (схема *А*). Обычно на входе имеется делитель напряжения с общим сопротивлением $\geqslant 10$ *Мом*.

На переменном токе при не очень высоких частотах входное

Вход = К сетке лампы $R_{вх}$ А

Вход ~ К сетке лампы $R_д$ Б

сопротивление $R_{вх}$ приблизительно равно $\frac{1}{3} R_д$, где $R_д$ — сопротивление нагрузки диода (схема *Б*)

Измерение входного сопротивления

На вход вольтметра подается переменное напряжение нужной частоты, и отмечается показание вольтметра (U_1). Затем, не изменяя величины напряжения, последовательно с вольтметром включают сопротивление R (непроволочное) и отмечают новое показание вольтметра U_2, тогда

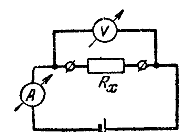
$$R_{вх} = \frac{U_2 R}{U_1 - U_2}.$$

10-8. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Метод вольтметра — амперметра

Пределы измерений определяются чувствительностью приборов. Для получения достаточной точности необходимо, чтобы внутреннее сопротивление вольтметра было много больше измеряемого сопротивления R_x.

Значение R_x определяется расчетом по показаниям приборов:

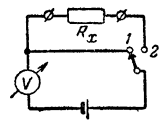


$$R_{x(ом)} = \frac{U_{(в)}}{I_{(а)}}.$$

Метод вольтметра

Для измерения необходимо знать величину внутреннего сопротивления вольтметра $R_{вн}$. Наибольшая величина измеряемого сопротивления $R_x \leqslant 10 \div 15 R_{вн}$.

Производятся два отсчета. U_0 — при переключателе в положении *1* и U_x — при переключателе в положении *2*.



Значение R_x определяется расчетом:

$$R_x = R_{вн} \frac{U_0 - U_x}{U_x}.$$

Омметр по схеме последовательного включения

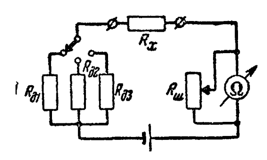
Пределы измерений 1 — 10^5 *ом.*

$R_{д1}$, $R_{д2}$ и $R_{д3}$ — добавочные сопротивления для разных пределов измерении. $R_ш$ — сопротивление для установки нуля.

Значение R_x отсчитывается непосредственно по шкале, градуированной в омах Шкала неравномерная, сжатая в сторону больших значений R_x. Нуль шкалы — справа при токе полного отклонения стрелки прибора.

Градуировку шкалы можно произвести, пользуясь формулой

$$R_x = R_0 \frac{I_0 - I_x}{I_x},$$



где $R_0 = R_д + \frac{R_n R_ш}{R_n + R_ш}$;

I_0 — ток при замкнутых накоротко зажимах для R_x,

I_x — ток при включенном сопротивлении R_x;

R_n — сопротивление прибора.

Омметр по схеме параллельного включения

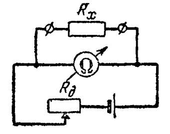
Пределы измерений 0,01 — 10 *ом*

$R_д$ — сопротивление для установки стрелки прибора на полное отклонение при невключенном R_x ($R_x = \infty$) Для получения достаточной точности необходимо, чтобы $R_д \geqslant 25R_n$.

Значение R_x отсчитывается непосредственно по шкале, градуированной в омах Шкала неравномерная, сжатая в сторону больших значений R_x Нуль шкалы—слева при нулевом токе.

Градуировку шкалы можно произвести, пользуясь формулой

$$R_x = R_n \frac{I_x}{I_0 - I_x},$$



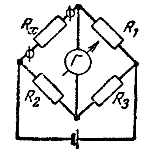

где I_0 — ток полного отклонения стрелки прибора.

Мост

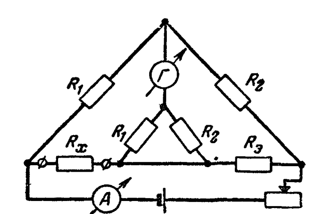
Пределы измерений определяются величиной сопротивлений R_1, R_2, R_3 и чувствительностью гальванометра *Г*.

Значение R_x определяется по формуле

$$R_x = R_1 \frac{R_2}{R_3},$$



где R_1, R_2 и R_3 — сопротивления, при которых получается баланс моста (показание гальванометра равно нулю).



Двойной мост

Используется для измерения малых сопротивлений (менее 1 *ом*).

Значение R_x определяется при балансе моста по формуле

$$R_x = R_э \frac{R_1}{R_2}.$$

10-9. ИЗМЕРЕНИЕ ЕМКОСТЕЙ

Метод вольтметра — амперметра

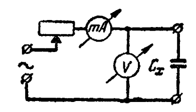
При частоте тока 50 *гц* применяется для измерения больших емкостей ($C_x \gg 1$ *мкф*).

Пределы измерений могут быть расширены путем повышения частоты тока и чувствительности миллиамперметра Например, при частоте 1 000 *гц*, напряжении 100 *в* и конденсаторе емкостью 1 500 *пф* в цепи пройдет ток около 1 *ма*.

Вольтметр *V* должен обладать большим внутренним сопротивлением.

Значение C_x определяется расчетом по показаниям приборов

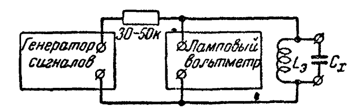
$$C_{x\,(мкф)} = \frac{160 I_{(ма)}}{f_{(гц)} U_{(в)}}.$$



Резонансный метод

Применяется для измерения малых емкостей (от нескольких пикофарад до нескольких тысяч пикофарад)

Контур, слабо связанный с источником тока высокой частоты, состоит из измеряемой емкости C_x и эталонной индуктивности $L_э$ Частоту генератора сигналов изменяют, настраивая его в резонанс с контуром. Момент резонанса определяется по максимальному показанию лампового вольтметра



$$C_{x(пф)} = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f^2_{(кгц)} L_{э(мкгн)}}.$$

Метод моста

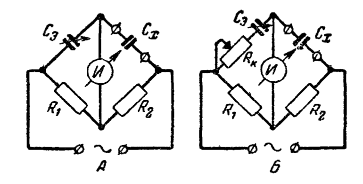
Измерение производится при питании схемы от источника переменного тока с частотой 800—1 000 *гц*.

Для конденсаторов с хорошим диэлектриком (с малыми потерями) применяется схема *А*, а для конденсаторов с большими потерями — схема *Б*. $R_к$ — сопротивление, компенсирующее сдвиг фаз при балансе моста

Момент баланса отмечается по минимуму показаний индикатора

И (миллиамперметра переменного тока, лампового прибора или телефона):

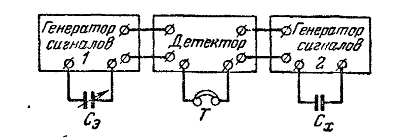
$$C_x = C_э \frac{R_1}{R_2}.$$



Метод биений

Применяется для измерения малых емкостей (от единиц до тысяч пикофарад).

Принцип измерения заключается в прослушивании биений, получающихся между колебаниями двух одинаковых высокочастотных генераторов, из которых в одном контур настраивается эталонной емкостью (градуированным конденсатором $C_э$), а в другом — измеряемой емкостью C_x. Поскольку индуктивности обоих контуров одинаковы, нулевые биения получаются в момент, когда эталонная емкость равна измеряемой.



10-10. ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТЕЙ

Метод вольтметра — амперметра

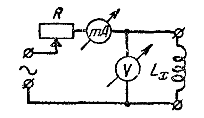
Применяется при измерении больших индуктивностей (обмотки дросселей и трансформаторов со стальными сердечниками) на техни ческой и низкой частоте.

Ток с частотой 50 *гц* (или 400 — 1 000 *гц*), регулируемый сопротивлением *R*, измеряется миллиамперметром переменного тока *mA* Одновременно вольтметром *V* измеряется падение напряжения на испытываемой катушке L_x.

Вольтметр *V* должен обладать большим внутренним сопротивлением. Лучше всего применять для этой цели ламповый вольтметр.

Если активное сопротивление катушки *r* много меньше реактивного $X_L = 6{,}28f$, т. е. $r \ll X_L$, то

$$L_{x(гн)} = \frac{U_{(в)}}{6{,}28 f_{(гц)} I_{(а)}}.$$



Если же величина *r* соизмерима с X_L, то

$$L_{x(гн)} = \frac{\sqrt{\left(\frac{U_{(в)}}{I_{(а)}}\right)^2 - r^2_{(ом)}}}{6{,}28 f_{(гц)}}.$$

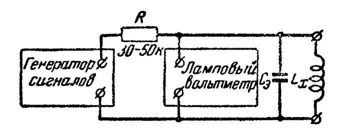
Резонансный метод

Применяется при измерении индуктивности высокочастотных катушек Контур, состоящий из измеряемой индуктивности L_x и известной (эталонной) емкости $C_э$, слабо связывается с генератором сигналов (индуктивно или, как показано, через сопротивление R), который настраивается в резонанс с контуром Момент резонанса определяется по максимальному показанию лампового вольтметра:

$$L_{x(мкгн)} = \frac{2{,}53 \cdot 10^4}{f^2_{(кгц)} C_{э(мкф)}} = \frac{2{,}53\ 10^{10}}{f^2_{(кгц)} C_{э(пф)}}.$$

Для уменьшения погрешности измерения емкость $C_э$ должна быть много больше собственной емкости катушки C_0.

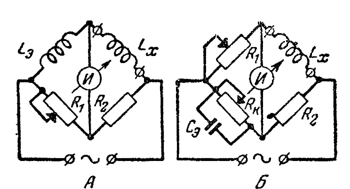
Собственная емкость катушки может быть определена двукратным измерением с разными эталонными емкостями $C_{э1}$ и $C_{э2}$:



$$C_0 = \frac{f_2^2 C_{э2} - f_1^2 C_{э1}}{f_2^2 - f_1^2}.$$

Метод моста

Измерение индуктивностей методом моста подобно измерению сопротивлений и производится при питании схемы переменным током с частотой 800 — 1 000 *гц*.



В схеме *А* с эталонной индуктивностью $L_э$

$$L_x = L_э \frac{R_2}{R_1}.$$

В схеме *Б* с эталонной емкостью $C_э$

$$L_{x(мкгн)} = C_{э(мкф)} R_{1(ом)} R_{2(ом)}.$$

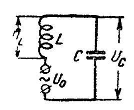
Момент баланса отмечается по минимуму показаний индикатора *И* (миллиамперметра переменного тока, лампового прибора или телефона).

Сопротивление $R_к$ в схеме *Б* вводится для компенсации сдвига фаз при измерении катушек с большим активным сопротивлением.

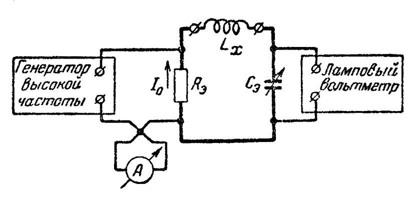
10-11. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ КУМЕТРА

Основное назначение куметра — измерение на высокой частоте добротности Q элементов колебательного контура — катушек и конденсаторов Измерение основано на том, что напряжение на контуре при резонансе в Q раз превосходит величину напряжения U_0, введенного в контур, т. е.

$$U_L = U_C = QU_0.$$



Измерение добротности катушки Q_L. Напряжение высокой частоты подается на эталонное сопротивление $R_э$ (порядка 0,04—0,05 *ом*) и вводится в контур, состоящий из эталонного конденсатора $C_э$ и испытываемой катушки L_x. Потери в конденсаторе $C_э$ очень малы, и поэтому можно считать, что величина Q контура $C_э L_x$ определяется только добротностью катушки L_x.



Если ток I_0 через $R_э$ поддерживается постоянным, то напряжение, измеренное ламповым вольтметром, будет прямо пропорционально Q. Поэтому гальванометр лампового вольтметра градуируется непосредственно в значениях Q.

Измерение добротности конденсатора Q_C. Принцип измерения тот же. Вместо L_x включается эталонная индуктивность. При помощи $C_э$ контур настраивается на нужную частоту, при этом отмечаются значения $C_{э1}$ и Q_1. Затем параллельно $C_э$ подключается C_x и емкость $C_{э1}$ уменьшают до получения резонанса, при этом отмечаются значения $C_{э2}$ и Q_2.

Добротность конденсатора C_x определяется по формуле

$$Q_C = \frac{Q_1 Q_2 (C_{э1} - C_{э2})}{(Q_1 - Q_2) C_{э1}}.$$

Измерение индуктивности L. Контур из L_x и $C_э$ настраивается в резонанс на какую-либо частоту f. При этом

$$L_{x\,(мкгн)} = \frac{2{,}53 \cdot 10^{10}}{f^2_{(кгц)} C_{(пф)}}.$$

Куметр типа КВ-1 имеет шкалу, градуированную в значениях индуктивности, позволяющую определять величину L_x без пересчетов (при определенных частотах генератора).

Для уменьшения влияния собственной емкости катушки желательно выбирать возможно бо́льшую величину $C_э$.

Измерение емкости C_x сходно с измерением добротности конденсатора, с той лишь разницей, что нет необходимости отмечать значение Q.

Емкость конденсатора C_x определяется из выражения

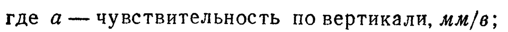
$$C_x = C_{э1} - C_{э2}.$$

10-12. ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ ОСЦИЛЛОГРАФА

Определение чувствительности осциллографа

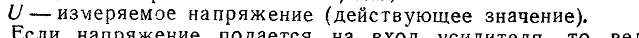
На вход вертикального отклонения *В* подается синусоидальное напряжение (например, от электросети), измеряемое вольтметром *V*. Напряжение развертки выключается. Измеряется длина *l* вертикальной линии, которая будет пропорциональна двойной амплитуде измеряемого напряжения. Таким образом,

$$a = \frac{l}{2{,}82U},$$



где a — чувствительность по вертикали, *мм/в*;

l — длина вертикальной линии, *мм*;



U — измеряемое напряжение (действующее значение).

Если напряжение подается на вход усилителя, то величина a подсчитывается для определенных положений ручки регулировки чувствительности.

Чувствительность по горизонтали измеряется так же, но при подаче напряжения на вход горизонтального отклонения *Г*.

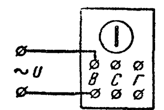
Измерение переменного напряжения

Измеряемое синусоидальное напряжение подается на вход вертикального отклонения. Напряжение развертки выключается. Действующее значение напряжения

$$U = al,$$

где a — чувствительность по вертикали, *мм/в*;

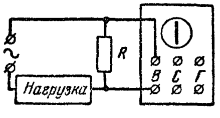
l — длина вертикальной линии, *мм*.



Измерение переменного тока

В измеряемую цепь последовательно включается сопротивление R величина которого известна, и осциллографом измеряется падение напряжения U на этом сопротивлении. Тогда измеряемый ток

$$I_{(a)} = \frac{U_{(в)}}{R_{(ом)}}.$$



Определение частоты напряжения и сравнение двух частот

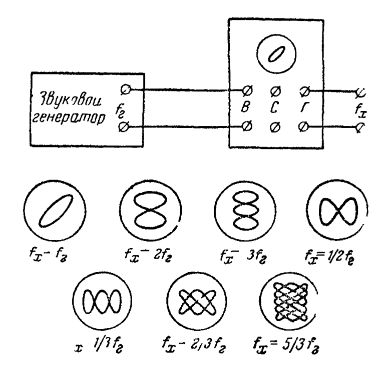
Напряжение развертки выключается. На вход (или усилитель) горизонтального отклонения *Г* подается напряжение неизвестной частоты f_x, а на вход вертикального отклонения *В* — напряжение известной частоты $f_г$ (например, от звукового генератора). Частоту генератора изменяют до получения на экране осциллографа одной из фигур Лиссажу. Неизвестная частота определяется по форме фигуры Лиссажу.

Общее правило: если напряжение измеряемой частоты подано на вход горизонтального отклонения, а напряжение известной частоты — на вход вертикального отклонения, то

$$f_x = \frac{n}{m} f_г,$$

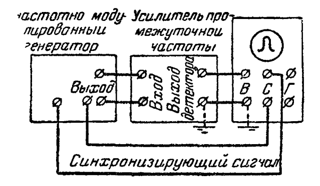
где n — число точек касания фигуры с вертикальной линией,

m — число точек касания фигуры с горизонтальной линией.



Наблюдение резонансных характеристик усилителя промежуточной частоты

На вход усилителя промежуточной частоты подается напряжение от частотно модулированного генератора. Вход усилителя вертикального отклонения B осциллографа присоединяется к сопротивлению нагрузки детектора приемника. Синхронизирующее напряжение подается от генератора на зажимы C внешней синхронизации осциллографа.



10-13. СХЕМЫ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

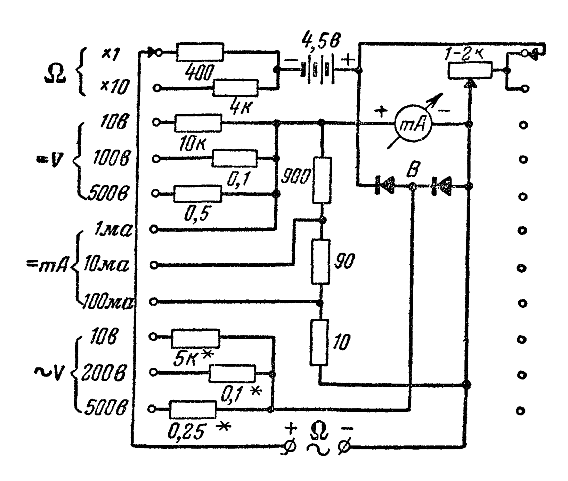
Авометр

Авометр (ампервольтомметр) — универсальный прибор для измерения тока, напряжения и сопротивления.

В данной схеме используется миллиамперметр магнитоэлектрической системы на 1 *ма*. Вольтметр с таким прибором обладает внутренним сопротивлением 1 000 *ом/в*.

Для омметра предусмотрены две шкалы: до 10 *ком* и до 100 *ком*. Пределы измерений для остальных шкал указаны на схеме.

Значения сопротивлений, отмеченных звездочкой, указаны ориентировочно и должны быть подобраны точнее при градуировке прибора (их величина зависит от данных купроксного выпрямителя). Выпрямитель B должен быть включен так, чтобы он не пропускал тока при полярности, указанной на схеме (см. стр. 328).

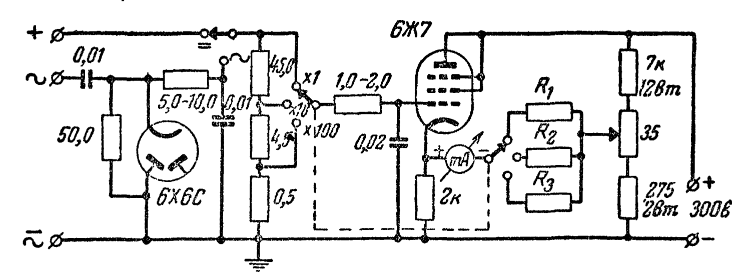


Простой ламповый вольтметр для измерения постоянного и переменного напряжения

Вольтметр рассчитан на три шкалы· 3, 30 и 300 *в*.

В схеме используется миллиамперметр *mA* магнитоэлектрического типа с полным отклонением стрелки при токе 3—8 *ма*.

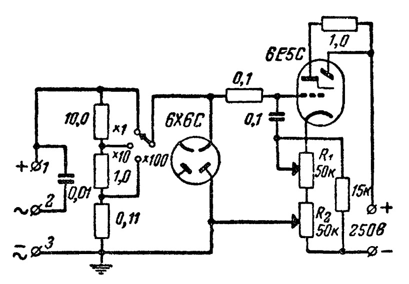
Сопротивления R_1, R_2 и R_3 — проволочные Величины их зависят от данных прибора и подбираются при налаживании вольтметра так, чтобы стрелка давала полное отклонение при заданной величине измеряемого напряжения.



Для делителя напряжения можно вместо указанных на схеме значений сопротивлений 45, 4,5 и 0,5 *Мом* взять соответственно 10, 1 и 0,11 *Мом* Входное сопротивление при этом понизится, но останется достаточным для большинства измерений.

Ламповый вольтметр с электронно-лучевым индикатором

До измерения ручку сопротивления R_2 ставят в крайнее (верхнее по схеме) положение (смещение с R_2 не подается), зажимы *1* и *3* замыкают накоротко и ручку сопротивления R_1 устанавливают в такое



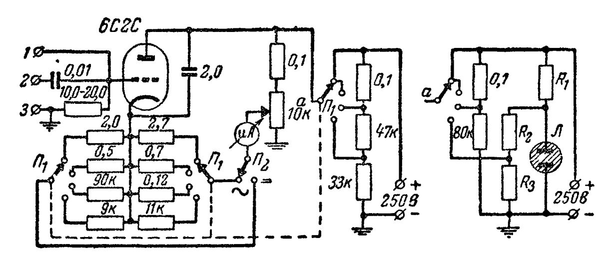
положение, при котором тень на экране лампы 6Е5С имеет вид тонкой линии Затем зажимы *1* и *3* размыкаются

Измеряемое напряжение подается на вход вольтметра (постоянное — на зажимы *1* и *3*, а переменное — на зажимы *2* и *3*), и ручку сопротивления R_2 вращают до получения на экране лампы тонкой теневой линии Ручка R_2 снабжается шкалой, градуированной в вольтах.

Ламповый вольтметр по схеме катодного детектора

Вольтметр рассчитан на четыре шкалы 4, 20, 100 и 400 *в*.

Переход на измерение постоянного или переменного напряжения осуществляется при помощи переключателя $П_2$ Измеряемое постоянное или переменное напряжение подводится к зажимам *1* и *3* При измерении переменного напряжения в цепи, содержащей постоянную составляющую, используются зажимы *2* и *3*.



В схеме применен микроамперметр на 200 *мка*

Справа приведена схема питания со стабилизацией напряжения на наиболее чувствительной шкале Величины R_1, R_2 и R_3 подбираются в зависимости от неоновой лампы *Л* так, чтобы с R_3 снималось напряжение 35—40 *в*

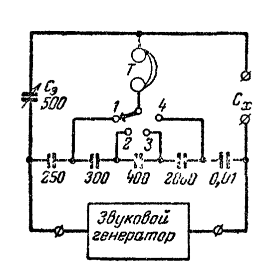
Лампу 6С2С можно заменить лампой 6Ж7, включенной триодом

Примечания

1 Питание ламповых вольтметров производится от выпрямителей по любой схеме

2 Шкалы вольтметров градуируются по эталонным приборам на постоянном и переменном токе

3 Значения некоторых сопротивлений должны быть более точно подобраны в процессе налаживания вольтметра и подгонки шкал.



Мост для измерения емкостей

Диапазоны измерений *1* — до 300 *пф*; *2* — до 1 000 *пф*, *3* — до 7 500 *пф* и *4* — до 50 000 *пф*. Минимальная емкость, которую можно измерить мостом, — около 30 *пф*

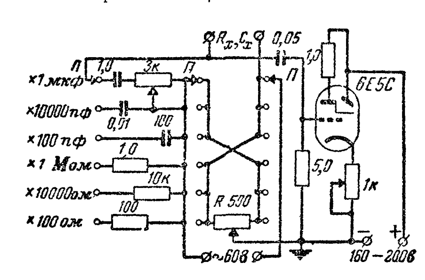
Эталонный конденсатор $C_э$ (с воздушным диэлектриком) желательно применить прямоемкостного типа, так как в этом случае градуировочные графики получаются линейными

Питание моста производится от звукового генератора (возможно использование зуммерного генератора) Напряжение, подводимое к мосту, должно быть порядка 35—40 *в*.

Градуировка моста производится при помощи набора образцовых конденсаторов, емкость которых точно известна Эти конденсаторы включаются поочередно вместо C_x.

Мост с электронно-лучевым индикатором

Предназначен для измерения емкостей 10 *пф*—10 *мкф*, а также для измерения сопротивлений 10 *ом*—10 *Мом*



Равновесие моста получается при таком положении строенного переключателя и ручки переменного сопротивления *R*, когда теневой сектор лампы 6Е5С имеет наибольшую ширину Измеряемая величина отсчитывается по шкале сопротивления *R*, которая градуируется по магазину сопротивлений, включаемому для этого вместо R_x. Начало шкалы должно иметь отметку 0,1, а конец — 10 Показания шкалы умножаются на показатель предела измерений

Величина сопротивления в катоде лампы подбирается при регулировке прибора такой, чтобы теневой сектор имел в момент равновесия моста угол около 30°.

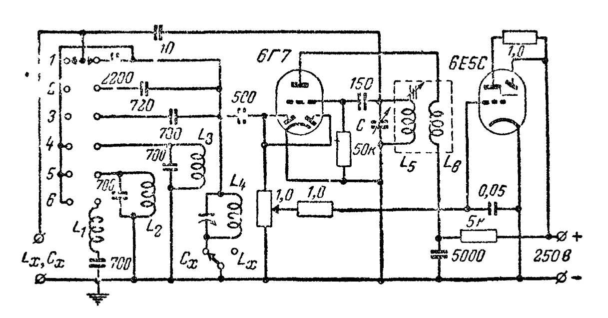
Прибор для измерения индуктивностей и емкостей

Прибор позволяет измерять индуктивности до 3 *мгн* и емкости до 0,1 *мкф*

Колебания с частотой 1 500—6 000 *кгц*, генерируемые триодной частью лампы 6Г7, подаются на контур, в который входит измеряемая емкость C_x или индуктивность L_x Резонанс отмечается по уменьшению затемненного сектора лампы 6Е5С

Шкала конденсатора переменной емкости *C* (20—700 *пф*) градуируется непосредственно в значениях *L* и *C* по эталонам, включаемым для этой цели вместо L_x и C_x.

Измерение емкостей производится при положениях *1* (до 1 000 *пф*), *2* (до 10 000 *пф*) и *3* (до 0,1 *мкф*) переключателя пределов измерений,

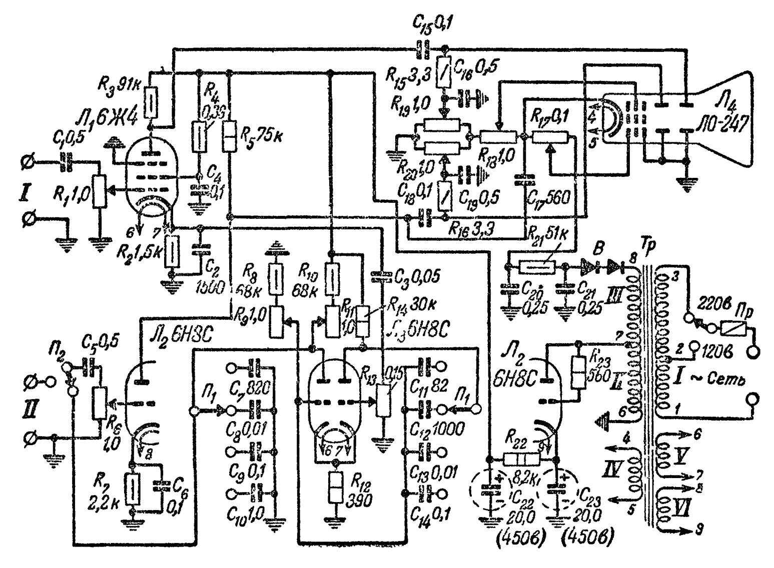


а измерение индуктивности — при положениях *4* (10 *мкгн* — 3 *мгн*), *5* (1—300 *мкгн*) и *6* (менее 1 *мкгн*).

Катушки прибора намотаны проводом ПЭШО 0,15 (обмотка «универсаль») L_1 — 80, L_2 — 150, L_3 — 230, L_4 — 110, L_5—110 и L_6—30 витков на каркасах диаметром 12 *мм*.

Простой осциллограф

Осциллограф содержит усилитель вертикального отклонения ($Л_1$), усилитель горизонтального отклонения (левый триод лампы $Л_2$), генератор пилообразного напряжения развертки ($Л_3$), выпрямитель (правый триод лампы $Л_2$) и электронно-лучевую трубку ($Л_4$). Регулятором яркости служит сопротивление R_{17}, а регулятором фокусировки R_{18}.



Перемещение изображения по горизонтали производится при помощи сопротивления R_{20}, а по вертикали — R_{19}

Осциллограф может работать и от внешнего генератора развертки, если вход усилителя горизонтального отклонения подключить при помощи переключателя $П_2$ к зажимам *II*

Электронно лучевую трубку полезно заключить в стальной экран с толщиной стенок 1,5—2 *мм*

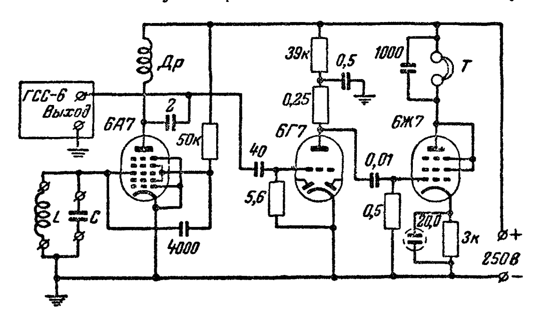
Трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пластин Ш 21, толщина набора 30 *мм* Обмотка *I* состоит из 940 витков провода ПЭЛ 0,3 (между точками *1—2*) и 760 витков ПЭЛ 0,2 (точки *2—3*) обмотка *II* — из 3 100 витков ПЭЛ 0,1, обмотка *III* — из 3 200 витков ПЭЛ 0 08, обмотка *IV* — из 30 витков ПЭЛ 0,5, обмотка *V* — из 50 витков ПЭЛ 0,7 и обмотка *VI* — из 50 витков ПЭЛ 0,5

Селеновый столбик *В* состоит из 40—50 шайб диаметром 5—7 *мм* Вместо него можно применить кенотрон 6Ц4П, намогав для питания его накала дополнительную обмотку из 50 витков ПЭЛ 0,5

Сопротивления R_9 и R_{11} сдвоены

Приставка к ГСС-6 для резонансных измерений *L* и *C*

Приставка позволяет определять величину *L* при наличии эталонной емкости *C* и величину *C* при наличии эталонной индуктивности *L*.



Измерение производится по методу нулевых биений между колебаниями ГСС-6 и колебаниями транзитронного генератора приставки, в контур которого входит измеряемая *L* или *C* Биения детектируются лампой 6Г7, усиливаются лампой 6Ж7 и прослушиваются при помощи телефона

Дроссель *Др* состоит из 1 600 витков провода ПЭ 0,08

Звуковой генератор

Звуковые генераторы изготовляются либо по схемам, работающим по принципу биений между двумя высокочастотными генераторами, либо по схемам на *R* и *C*

Наибольшее распространение получили генераторы на *R* и *C*, отличающиеся простотой схемы и устойчивостью в эксплуатации Частота генерируемых колебаний определяется в таких генераторах значениями сопротивлений и емкостей входящих в цепь сетки лампы и в цепь обратной связи, подаваемой с анода лампы следующего каскада

В общем виде

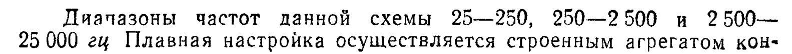
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}.$$

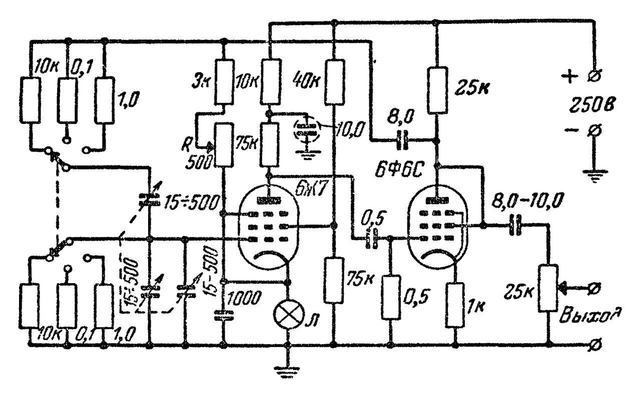
Если R и C в обеих цепях одинаковы, то

$$f = \frac{1}{2\pi RC}.$$

Если R одинаковы, а C различны, то

$$f = \frac{1}{2\pi R\sqrt{C_1C_2}}.$$


Диапазоны частот данной схемы 25—250, 250—2 500 и 2 500—25 000 *гц* Плавная настройка осуществляется строенным агрегатом кон-



денсаторов переменной емкости, у которого две секции соединены параллельно

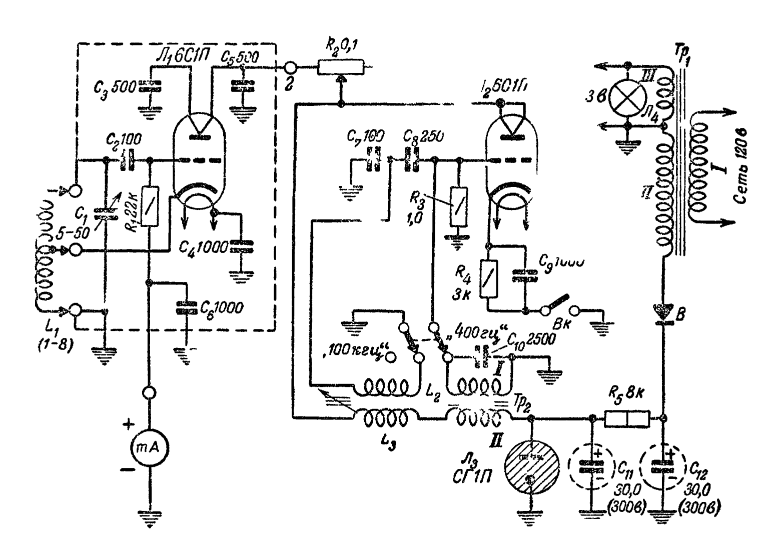
Осветительная лампочка *Л* (220 *в*, 15—25 *вт*) в цепи катода лампы 6Ж7 включена для стабилизации амплитуды генерируемых колебаний.

Переменное сопротивление R служит для подбора величины отрицательной обратной связи.

Гетеродинный индикатор резонанса

Прибор представляет собой генератор высокочастотных модулированных колебаний, в сеточную цепь лампы которого включен миллиамперметр Если связать индуктивно контур гетеродина с другим, проверяемым контуром, то при настройке контуров в резонанс миллиамперметр покажет минимум тока. Прибор может быть использован для самых различных измерений в радиолюбительской практике.

Лампа $Л_1$ является генератором высокой частоты $Л_2$ — модулятором и $Л_3$ — стабилизатором напряжения. Стрелочные миллиамперметры *mA* имеют предел измерений 0—1 *ма*.



Восемь сменных катушек L_1 позволяют получать высокочастотные колебания в диапазоне 1,1—160 *Мгц*. Модуляция осуществляется с частотой 400 *гц* или 100 *кгц*.

Переменное сопротивление R_2 служит для подбора наивыгоднейшего режима работы генератора на каждом диапазоне.

Катушки выполнены на каркасах из полистирола диаметром 20 *мм*.

Катушки L_1	Диапазон частот *Мгц*	Число витков	Провод	Длина намотки, *мм*	Отвод снизу от витка
1	1,1—2,1	140	ПЭШО 0,08	23	30-го
2	2,0—3,7	75	ПЭШО 0,08	15	20-го
3	3,7—6,6	45	ПЭШО 0,15	8	13-го
4	6,6—12,5	15	ПЭШО 0,2	6	5-го
5	12,5—25,0	12	ПЭЛ 1,0	13	4,5-го
6	25,5—50,0	5,5	ПЭЛ 1,0	12	1,5-го
7	40,0—75,0	3,5	ПЭЛ 1,0	14	1-го

Катушки L_1 (1—7) наматываются в один слой.

Катушка L_1 (8) на диапазон частот 65—160 *Мгц* состоит из петли голого медного провода диаметром 2 *мм*. Высота петли 50 *мм*, расстояние между ее сторонами 14 *мм*, отвод от заземленного конца делается на расстоянии 28 *мм*.

Катушки L_2 и L_3 диаметром по 10 *мм* выполнены с намоткой «универсаль». L_1 содержит 150, а L_2 — 100 витков провода ПЭШО 0,2.

Трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш 15, толщина пакета 20 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2 400 витков провода

ПЭЛ 0,17, обмотка *II* — из 3 600 витков ПЭЛ 0,08 и обмотка *III* — из 125 витков ПЭЛ 0,6.

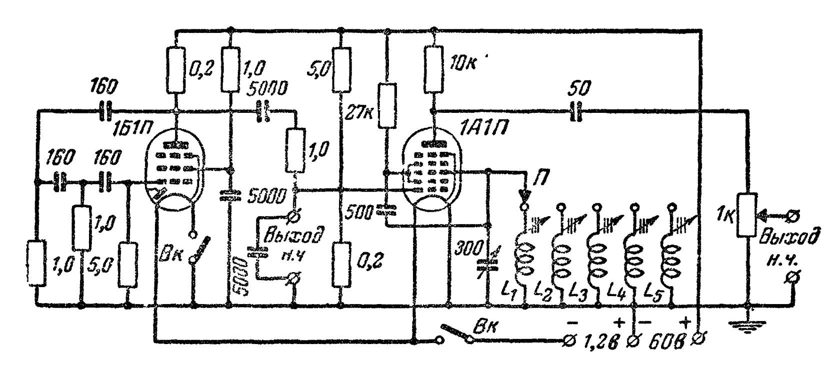
Трансформатор Tp_2 содержит сердечник из пластин Ш-12 при толщине пакета 15 *мм* Обмотка *I* состоит из 4 000 витков провода ПЭЛ 0,1, а обмотка *II* — из 2 000 витков ПЭЛ 0,1.

Селеновый выпрямитель *В* имеет 18 шайб диаметром 15 *мм*.

Весь прибор удобно выполнить в виде двух блоков: отдельно генератор и отдельно модулятор и выпрямитель. Генератор соединяется со вторым блоком кабелем. Миллиамперметр помещается в блоке модулятора и выпрямителя.

Сигнал-генератор с питанием от батарей

Сигнал-генераторы позволяют получить на выходе напряжение (модулированное или немодулированное) высокой частоты От генераторов стандартных сигналов (ГСС) они отличаются тем, что выход-



ное напряжение и глубина модуляции их не могут быть точно измерены.

Диапазон частот 100 *кгц*—16 *Мгц* разбит на пять поддиапазонов: 100—250 *кгц*, 250—700 *кгц*, 700—2 000 *кгц*, 2—5,5 *Мгц* и 5,5—16 *Мгц*.

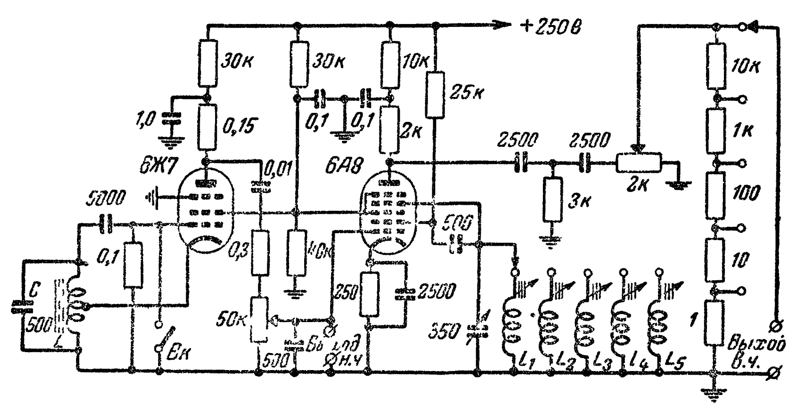
Выходное напряжение — до 0,3 *в*.

Лампа 1Б1П — звуковой генератор на *R* и *С* с фиксированной частотой около 400 *гц* — служит модулятором. Лампа 1А1П — генератор высокой частоты по транзитронной схеме.

Катушки намотаны на каркасах диаметром 10 *мм* L_1, L_2, L_3 и L_4 — многослойные, с намоткой «универсаль» (можно заменить намоткой внавал), а L_5 — однослойная L_1 состоит из 850 витков провода ПЭШО 0,12, L — 275 витков ПЭШО 0,2, L_3 — 112 витков ЛЭШО 10×0,07, L_4 — 42 витка ЛЭШО 10×0,07 и L_5 — 11 витков ПЭШО 0,5.

Сигнал-генератор с питанием от сети переменного тока

Диапазон частот и данные катушек те же, что и в предыдущей схеме Число витков должно быть уточнено при регулировке генератора.



Лампа 6А8 — генератор высокой частоты по транзитронной схеме. Лампа 6Ж7 — генератор звуковой частоты по трехточечной схеме

L содержит 1 500—2 500 витков провода на сердечнике сечением около 1 *см*² Отвод сделан от 1 000—1 500 витков

10-14. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Ампервольтомметр АВО-5

Позволяет производить измерения постоянного и переменного напряжения до 6 000 *в* (шкалы 0—3, 0—12, 0—30, 0 -300, 0—600, 0—1 200 и 0—6 000 *в*), постоянного и переменного тока до 12 *а* (семь шкал для постоянного и пять шкал для переменного тока) и сопротивлении до 30 *Мом* (три шкалы)

При работе в качестве вольтметра постоянного тока прибор обладает внутренним сопротивлением 20 000 *ом* на 1 *в* шкалы.

Ампервольтомметр ТТ-1

Позволяет производить измерения постоянного и переменного напряжения (шкалы 0—10, 0—50, 0—200 и 0—1 000 *в*), постоянного тока (шкалы 0—0,2 0—1, 0—5, 0—20, 0—100 и 0—500 *ма*) и сопротивлений 1 *ом* —2 *Мом*

При работе в качестве вольтметра постоянного тока прибор обладает внутренним сопротивлением 5 000 *ом* на 1 *в* шкалы

Ампервольтомметр ТТ-2

Позволяет измерять постоянные и переменные (50—5 000 *гц*) напряжения (шкалы 0—7,5, 0—30, 0—75, 0—150, 0—300 и 0—900 *в*), постоянный ток (шкалы 0—0,3, 0—30, 0—300 и 0—750 *ма*) и сопротивления 1 *ом* — 2 *Мом*

В качестве вольтметра постоянного тока прибор обладает внутренним сопротивлением 5 000 *ом* на 1 *в* шкалы.

Измеритель выхода ИВ-4

Предназначен для измерения переменного напряжения звуковых частот в пределах 0,5 – 300 *в*.

Прибор представляет собой вольтметр детекторного типа с переключением на шесть шкал и отличается тем, что независимо от выбранной шкалы его входное сопротивление сохраняется одинаковым и равным 20 000 *ом.*

Ламповый вольтметр ВКС-7Б

Предназначен для измерения переменных напряжений с частотой 50 *гц* — 100 *Мгц* в пределах 0,1—150 *в* (шкалы 0—1,5, 0—15, 0—50 и 0—150 *в*). Градуировка выполнена в действующих значениях напряжения.

Питание вольтметра производится от сети переменного тока. Наличие феррорезонансного стабилизатора позволяет включать прибор в сеть с напряжением 100—240 *в* без каких бы то ни было переключений.

Ламповый вольтметр ЛВ-9-2

Предназначается для измерения переменных напряжений с частотой 25 *гц* — 200 *кгц* в пределах от единиц милливольт до 300 *в* (10 шкал 0—10, 0—30, 0—100 и 0—300 *мв;* 0—1, 0—3, 0—10, 0—30, 0—100 и 0—300 *в*).

Питание — от сети переменного тока.

Универсальный ламповый вольтметр ВЛУ-2

Предназначается для измерения постоянных и переменных (с частотой 20 *гц* — 400 *Мгц*) напряжений в пределах 0,1—150 *в.* Шкалы: 0—1,5, 0—15, 0—50 и 0—150 *в.*

Питание — от сети переменного тока.

Генератор стандартных сигналов ГСС-6

Позволяет получать на выходе модулированное или немодулированное напряжение высокой частоты 100 *кгц* — 25 *Мгц* (имеет восемь частотных диапазонов). Частота источника внутренней модуляции равна 400 *гц.* Предусмотрена возможность модуляции от внешнего источника с частотой 50—8 000 *гц.*

Глубина модуляции регулируется в пределах 0—100%, а выходное напряжение 0,1 *мкв* — 1 *в*

Питание генератора — от сети переменного тока.

Генератор стандартных сигналов ГСС-17

Является источником высокочастотного напряжения, модулированного либо по амплитуде, либо по частоте. Диапазон генерируемых колебаний 16—128 *Мгц* (четыре частичных диапазона). Предусмотрена возможность внешней модуляции.

Глубина модуляции по амплитуде составляет 10—80%; девиация частоты при частотной модуляции 1—75 *кгц.*

Питание — от сети переменного тока.

Генератор сигналов СГ-1

Служит источником модулированного или немодулированного напряжения высокой и ультравысокой частот 13—330 *Мгц* (имеет пять частичных диапазонов) Выходное напряжение может регулироваться в пределах 4 *мкв* — 20 *мв.* Частота источника внутренней модуляции равна 1 000 *гц.* Внешняя модуляция возможна с частотой 100—20 000 *гц.* Предусмотрена также возможность импульсной модуляции от внешнего источника. Питание осуществляется от сети переменного тока

Звуковой генератор ЗГ-2А

Служит источником напряжения звуковой частоты с пределами 20—20 000 *гц*. Работает по схеме на биениях, и весь диапазон перекрывается поворотом ручки одного конденсатора переменной емкости. Выходное напряжение плавно регулируется при помощи аттенюатора и измеряется ламповым вольтметром. Максимальная величина выходного напряжения 150 *в*, максимальная выходная мощность 2 *вт*.

Питание — от сети переменного тока.

Звуковой генератор ЗГ-10

Служит источником напряжения звуковой частоты с пределами 20 *гц* — 20 *кгц*. Работает по схеме на *RC*. Весь диапазон частот перекрывается тремя частичными диапазонами. Максимальная выходная мощность 5 *вт*. Регулировка выходного напряжения осуществляется плавно, а также ступенями через 1 *дб* при помощи двух делителей.

Питание — от сети переменного тока.

Звуковой генератор ЗГ-11

Отличается от генератора ЗГ-10 более широким диапазоном (он генерирует колебания с частотами 20 *гц* — 200 *кгц*). Обеспечивает на выходе напряжение 1 *в* на нагрузке 200 *ом*.

Измеритель частоты ИЧ-6

Предназначен для измерения частот электрических колебаний 30—200 000 *гц* Весь диапазон разбит на 11 поддиапазонов. Измеряемая частота отсчитывается непосредственно по шкале стрелочного прибора.

Питание — от сети переменного тока.

Волномер типа 526

Предназначен для точного измерения частоты электрических колебаний в диапазоне частот 125 *кгц* — 20 *Мгц* Определение измеряемой частоты производится при помощи специальных градуировочных таблиц.

Питание осуществляется от сухих анодных батарей и аккумулятора накала, заключенных внутри корпуса прибора Несколько видоизмененные модели типов 527 и 528 рассчитаны на питание от сети переменного тока.

Измеритель добротности (куметр) типа КВ-1

Предназначен для измерения параметров высокочастотных контуров (добротности катушек и конденсаторов, индуктивности катушек, емкости конденсаторов и др.) в диапазоне частот 50 *кгц* — 40 *Мгц*.

Питание прибора — от сети перемечного тока.

Измеритель добротности (куметр) типа УК-1

Предназначен для измерения параметров высокочастотных контуров (так же как и куметр КВ-1) в диапазоне частот 30—200 *Мгц*.

Питание прибора — от сети переменного тока.

Электронно-лучевой осциллограф типа ЭО-4

Позволяет наблюдать на экране электронно лучевой трубки форму и характер электрических колебаний с частотой не свыше 2 *Мгц*. Диаметр экрана трубки равен 125 *мм*.

Питание от сети переменного тока.

Электронно-лучевой осциллограф типа ЭО-5

Позволяет наблюдать на экране электронно лучевой трубки форму и характер электрических колебаний с частотой не свыше 2 *Мгц*. Диаметр экрана трубки равен 75 *мм*.

Питание — от сети переменного тока.

Приставка (к осциллографу) типа РК-1

Позволяет наблюдать на экране электронно-лучевой трубки осциллографа частотные характеристики (резонансные кривые) резонансных и полосовых усилителей высокой и промежуточной частот. Максимальная ширина наблюдаемой кривой порядка 40—50 *кгц* Для работы приставки, кроме осциллографа, необходим генератор высокочастотных сигналов, например типа ГСС-6.

Питание — от сети переменного тока.

Генератор качающейся частоты 102-и

Предназначается для наблюдения частотных характеристик широкополосных усилителей высокой частоты в диапазоне 10—100 *Мгц*

Кроме генератора качающейся частоты, в прибор входит осциллограф, на экране которого видна наблюдаемая характеристика.

Питание прибора — от сети переменного тока.

Испытатели ламп ИЛ-12 и ИЛ-14

Предназначены для проверки годности приемно-усилительных, выпрямительных и маломощных генераторных ламп, а также газонаполненных стабилизаторов Проверка ламп производится в режимах, близких к нормальным испытательным режимам Приборы позволяют проверить отсутствие короткого замыкания между электродами, величину анодного тока, величину крутизны характеристики, наличие плохих контактов внутри лампы, относительное качество вакуума Для стабилизаторов проверка производится на зажигание и степень стабилизации.

Питание — от сети переменного тока.

Измерители нелинейных искажений ИНИ-10М и ИНИ-11

Предназначены для измерения коэффициента нелинейных искажений усилителей и генераторов низкой частоты Измерение может производиться на частотах 60, 100, 200, 400 1 000, 5 000, 7 500, 10 000 и 15 000 *гц* Кроме того входящий в состав прибора ламповый вольтметр позволяет измерять уровень шумов и переменные напряжения 0,01—300 *в* на девяти поддиапазонах.

Прибор ИНИ 11 отличается тем, что позволяет измерять нелинейные искажения на любой частоте в пределах 30 *гц* — 15 *кгц*.

Питание — от сети переменного тока

Универсальный лабораторный мост типа УМ-2

Предназначен для измерения индуктивностей в пределах 10 *мкгн* — 100 *гн*, емкостей 10 *пф* — 100 *мкф* и сопротивлений 0,1 *ом* — 1 *Мом* Измерение индуктивностей и емкостей производится на частоте 1 000 *гц* от внутреннего генератора

Питание — от сети переменного тока.

Измеритель емкостей типа НИЕ-1

Предназначен для измерения емкостей конденсаторов в пределах 10 *пф* — 100 *мкф* (имеет шесть частичных диапазонов) на переменном или пульсирующем токе низкой частоты. Отсчет величины измеряемой емкости производится непосредственно по шкале стрелочного прибора.

Питание — от сети переменного тока.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

11-1. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Гальванические элементы и батареи используются в основном для питания маломощной аппаратуры (батарейных приемников, радиопередвижек, несложной измерительной радиоаппаратуры и т. п.), потребляющей электроэнергию от долей ватта до нескольких ватт при токе 1—25 *ма* и напряжении 60—160 *в* или при токе 100—1 000 *ма* и напряжении 1—6 *в*.

Ниже помещена таблица с основными показателями выпускаемых в настоящее время гальванических элементов и батарей, применяемых для питания накальных и анодных цепей радиоприемников и другой аппаратуры.

Гальванические элементы и батареи

Обозначение	Напряжение, *в*	Емкость, *а·ч*	Нагрузка, *ом*	Размеры, *мм*	Вес, *кг*	Срок сохранности, *мес*	Примечания
1,28-НВМЦ-525	1,28	525	2	160×160×185	6,5	15	1
ФБС-0,25	1,3	0,25	10	∅ 21×37,5	0,022	4	2
1,3-НВМЦ-150	1,3	150	5	80×80×174	1,7	15	1
1,35-ТВМЦ-50	1,35	50	10	55×55×130	0,6	15	3
1,5-СНМЦ-0,6	1,5	0,6	15	∅ 20×59,5	0,04	6	4
1,5-СТМЦ-60ч	1,5	60 *ч*	200	∅ 16×50	0,025	6	4,10
НС-СА	1,5	2,4	10	∅ 36×102	0,18	10	4
КБ-1	1,6	1,05	117	∅ 21×60	0,05	9	2
1,6-ФМЦ-У-3,2	1,6	3,2	10	∅ 34×64	0,105	12	2
1,66-ТМЦ-У-28	1,66	28	10	55×55×130	0,7	18	3

Продолжение

Обозначение	Напряжение, *в*	Емкость, *а·ч*	Нагрузка, *ом*	Размеры, *мм*	Вес, *кг*	Срок сохранности, *мес*	Примечания
КБС-Л-0,5	3,7	0,5	10	63×22×67	0,16	6	2
КБС-Х-0,7	4,1	0,7	10	63×22×67	0,16	8	2
5,6-ПМЦГ-22ч	5,6	22 *ч*	75	80×57×50	0,7	8	5,10
31-САМЦ-0,02	31	0,02	50 000	34×20×46	0,04	6	4
ГБ-СА-45	45	0,2	14 000	54×46×100	0,24	8	4
54-АСМЦГ-5-П	60/4	5/5	7 600/600	160×160×190	7,5	15	6
65-АНМЦ-1,3-П	65/2,6	1,3/29,5	18 000/45	125×120×190	3,5	15	7
67,5-АМЦГ-У-0,06	67,5	0,06	10 330	62×38×67	0,25	6	8
70-АМЦГ-У-1,3	70	1,3	4 680	174×112×50	1,6	15	8
70-АМЦГ-5	70	5	1 000	155×155×215	8,5	15	8
70-АНВ-275ч	70/5,2	275 *ч*	8 000/75	238×120×150	5,2	12	9,10
75-АМЦГ-22ч	75	22 *ч*	8 000	95×70×40	0,7	8	5,10
100-АМЦГ-0,7	100	0,7	7 000	172×116×53	1,7	15	8
100-АМЦГ-У-2,0	100	2	7 000	215×135×70	3,35	15	8
БАС-Г-120-С-0,45	120/12,8	0,45	9 000/940	280×53×85	1,65	6	6

Примечания

1. Выпускаются для питания накальных цепей ламп приемника.
2. Выпускаются для карманных фонарей.
3. Выпускаются для телефонных аппаратов.
4. Выпускаются для слуховых аппаратов.
5. Выпускаются для питания приемника „Дорожный“.
6. Выпускаются для питания анодных и сеточных цепей приемника (в числителе указаны данные для анодной, а в знаменателе—для сеточной батареи).
7. Выпускаются для питания приемника „Луч“ (в числителе указаны данные для анодной, а в знаменателе—для накальной батареи).
8. Выпускаются для питания анодных цепей ламп приемника.
9. Выпускаются для стационарного питания приемника „Дорожный“.
10. В графе „Емкость“ дано время, на которое рассчитана батарея при указанной в соседней графе нагрузке.

Основными электрическими параметрами элемента или батареи являются номинальное напряжение, предельно допустимый разрядный ток и емкость.

Напряжение угольно-цинкового элемента независимо от его размеров составляет около 1,5 *в*. При последовательном соединении элементов в батарею напряжение последней равно сумме напряжений входящих в нее элементов. Например, напряжение батареи, составленной из трех элементов по 1,5 *в* каждый, равно 4,5 *в*. Батарею при этом составляют из элементов одинаковой емкости

Предельно допустимый разрядный ток, если он не указан в паспорте элемента, можно определить, разделив напряжение элемента на указанное в паспорте наименьшее для него сопротивление нагрузки. Например, при напряжении элемента 1,5 *в* и наименьшем сопротивлении нагрузки 10 *ом* предельно допустимый разрядный ток составит 0,15 *а*

Емкость (запас электричества) элемента зависит в основном от его размеров Она выражается в ампер-часах (*а ч*), так как определяется путем умножения величины разрядного тока в амперах на время его работы в часах до наступления полного разряда По емкости элемента можно судить о его работоспособности, т е определить, сколько часов он может работать Если, например, емкость элемента равна 150 *а ч*, а разрядный ток составляет 0 3 *а*, то этот элемент может работать примерно в течение 500 *ч* При параллельном соединении элементов в батарею напряжение последней будет таким же, как и напряжение одного элемента, а ее емкость станет равной сумме емкостей входящих в нее элементов. Батарея в этом случае должна составляться из элементов одинакового напряжения

Выбирая для питания приемника или другого устройства элементы и батареи, необходимо знать их напряжение, емкость, предельно допустимый разрядный ток (или наименьшее значение сопротивления нагрузки) срок сохранности и дату выпуска В ряде случаев важно знать еще размеры и вес элементов и батарей. Рекомендуется выбирать элементы и батареи такой емкости, чтобы потребляемый от них ток составлял не более 50—60% предельно допустимого разрядного тока.

Гальванические элементы и батареи рекомендуется держать в сухом и прохладном месте.

11-2. АККУМУЛЯТОРЫ

Для питания накальных и анодных цепей радиоприемников и другой аппаратуры можно использовать кислотные, щелочные и серебряно-цинковые аккумуляторы.

Кислотные аккумуляторы

Электролитом для кислотного аккумулятора служит водный раствор серной кислоты. Плотность раствора (проверяется ареометром) при температуре +15° С должна быть 25° (удельный вес 1,21) Для приготовления 1 *л* раствора такой плотности нужны 864 *г* дистилли-

рованной воды (можно брать чистую дождевую или снеговую воду) и 346 *г* химически чистой серной кислоты.

Серная кислота очень ядовита, поэтому обращаться с ней нужно осторожно (попав на кожные покровы тела, она причиняет тяжелые ожоги). Пораненные кислотой места нужно немедленно смочить слабым раствором щелочи (соды) и затем промыть проточной водой Хранить серную кислоту надо в стеклянной бутылке с резиновой или стеклянной пробкой

Раствор приготовляют в чистой стеклянной, фарфоровой или свинцовой посуде Сначала наливают воду, а затем осторожно, тонкой струей и небольшими порциями льют кислоту и тщательно размешивают раствор стеклянной палочкой При соединении серной кислоты с водой раствор сильно нагревается, и если сразу влить большую порцию кислоты, то стеклянный стакан может лопнуть. Наливать воду в кислоту нельзя, так как при этом кислота начнет бурно кипеть и разбрызгиваться.

Приготовленный раствор наливают в аккумуляторы так, чтобы уровень жидкости был на 5—15 *мм* выше верхних краев аккумуляторных пластин

Аккумуляторы заряжают (через 3—6 *ч* после их заливки) от источника постоянного тока, включая их последовательно с реостатом так, чтобы положительный зажим аккумулятора был соединен с положительным полюсом, а отрицательный зажим — с отрицательным полюсом источника.

Первую зарядку аккумуляторов производят непрерывно в течение 36 *ч* током в 10% емкости аккумулятора, после чего делают трехчасовой перерыв, а затем снова продолжают зарядку в течение 12 *ч* при том же токе. Последующие зарядки при указанном токе производят в течение 12—15 *ч*.

Признаком полной зарядки аккумулятора является интенсивное «кипение» его электролита. Во время зарядки и в течение 2—3 *ч* после зарядки отверстия в аккумуляторе должны быть открыты (вынуты пробки).

При зарядке из аккумуляторов выделяются вредные для дыхания пары кислоты, поэтому заряжать аккумуляторы нужно в нежилых помещениях. Кроме того, они выделяют кислород и водород, образующие гремучий газ, который при соприкосновении с огнем воспламеняется с сильным взрывом. Поэтому к заряжаемому аккумулятору нельзя подносить зажженную спичку, свечу, горящую папиросу и т. п.

Номинальное напряжение одного элемента кислотного аккумулятора равно 2 *в*. Напряжение в конце зарядки должно быть 2,6—2,8 *в* (плотность электролита повышается до 28°), а в конце разрядки — не ниже 1,8 *в*.

Разряженный (до 1,8 *в*) аккумулятор необходимо не позже чем через 24 *ч* снова зарядить, так как иначе заметно понизится его емкость. При понижении уровня электролита (в процессе эксплуатации) доливать аккумуляторы нужно дистиллированной водой.

Кислотные аккумуляторы

Обозначение	Номинальное напряжение *в*	Номинальная емкость *а ч*	Максимальный зарядный ток *а*	Максимальный разрядный ток *а*	Размеры, *мм*	Вес (без электролита) *кг*
РНП-60	2	60	6	6	160×111×231	7
2РНП 80	4	80	8	8	247×165×230	17,8
3НС 110	6	110	16	16	526×216×343	—
10АС 12	20	12	1,2	0,5	260×200×200	—

Щелочные аккумуляторы

По сравнению с кислотными щелочные аккумуляторы имеют ряд преимуществ Они обладают более высокой механической прочностью и не боятся кратковременных коротких замыканий Их можно заряжать и разряжать большим током и оставлять продолжительное время в разряженном состоянии Кроме того, щелочные аккумуляторы проще в обслуживании, чем кислотные

Промышленность выпускает щелочные аккумуляторы двух видов кадмиево никелевые (КН) и железо никелевые (ЖН) Оба вида аккумуляторов аналогичны по размерам и основным электрическим характеристикам, но кадмиево никелевые аккумуляторы имеют меньшее внутреннее сопротивление (в 1,5—2 раза) и меньшии саморазряд (в 2—3 раза)

Электролитом для щелочного аккумулятора служит водный раствор едкого кали плотностью 23—25° (удельный вес 1,19—1,21) или едкого натра плотностью 21—23° (удельный вес 1,17—1,19) На 1 *л* раствора такой плотности требуется 255—282 *г* едкого кали или 177—201 *г* едкого натра Для раствора можно применять дистиллированную снеговую или дождевую воду Для повышения срока службы аккумулятора рекомендуется в раствор добавлять моногидрат едкого лития (20 *г* на 1 *л* раствора едкого кали и 30 *г* на 1 *л* раствора едкого натра)

Если аккумулятор работает при окружающеи температуре от +15 до +30° С, то в качестве электролита чаще всего применяют едкий натр При температурах ниже —15° С применяется раствор едкого кали плотностью 30—34° (удельный вес 1,26—1,3) без добавления едкого лития На 1 *л* раствора такой плотности требуется 353—416 *г* едкого кали

Едкое кали и едкий натр (кристаллы) являются сильно действующеи щелочью (разъедают шерстяную и бумажную ткани кожаную обувь кожу человека, поражают глаза), поэтому обращаться с ними нужно аккуратно и осторожно Пораженную ими часть тела или одежды надо немедленно смочить раствором борной кислоты или

уксусом, а затем промывать проточной водой с мылом до тех пор, пока эта часть тела не перестанет быть скользкой Хранить едкое кали и едкий натр (или растворы их) необходимо в герметически закрывающейся посуде (без доступа воздуха)

Раствор приготовляют в чистой стеклянной эмалированной или железной посуде, в которую сначала наливают нужное количество дистиллированной воды, а затем железными щипцами или непосредственно рукой в резиновой перчатке погружают в воду кристаллы, размешивая раствор стеклянной или стальной палочкой (при этом раствор сильно нагревается) Как только температура готового электролита понизится до +25° С, необходимо немедленно приступать к заливке аккумуляторов, с тем чтобы сократить до минимума время нахождения электролита на открытом воздухе

Заливка щелочных аккумуляторов производится точно так же, как и кислотных В залитый аккумулятор рекомендуется налить несколько капель вазелинового масла, которое образует на поверхности электролита сплошную пленку, предохраняющую электролит от воздействия окружающего воздуха.

Щелочные аккумуляторы

Обозначение	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *а·ч*	Нормальный зарядный ток, *а*	Нормальный разрядный ток, *а*	Размеры, *мм*	Вес (с электролитом), *кг*
АКН-2,25	1,25	2,25	0,56	0,28	45×20×120	0,33
НКН-10	1,25	10	2,5	1,25	80×31×110	0,74
НКН-22	1,25	22	5,5	2,75	105×32×200	1,67
НКН-45	1,25	45	11,25	5,65	105×53×200	2,72
НКН-60	1,25	60	15	7,5	152×45×330	4,6
НКН-100	1,25	100	25	12,5	152×70×330	6,5
2ФЖН-8-I	2,5	8	2	1	81×63×110	1,45
2ФЖН-8-II	2,5	8	2	1	162×32×110	1,45
4НКН-10	5	10	2,5	1,25	188×76×128	—
4НКН-45, 4ЖН-45	5	45	11,25	5,65	305×148×252	15
4НКН-60, 4ЖН-60	5	60	15	7,5	262×170×388	24,2
4НКН-100, 4ЖН-100	5	100	25	12,5	374×178 388	34,2
5НКН-10	6,25	10	2,5	1,25	190×89×128	—
5НКН-45, 5ЖН-45	6,25	45	11,25	5,65	372×148×252	17,6
5НКН-60, 5ЖН-60	6,25	60	15	7,5	315×170×388	29,9
5НКН-100, 5ЖН100	6,25	100	25	12,5	459×178×388	40
7НКН-45, 7ЖН-45	8,75	45	11,25	5,65	508×148×252	24,9
10НКН-22, 10ЖН-22	12,5	22	5,5	2,75	465×148×252	21,6
10НКН-45, 10ЖН-45	12,5	45	11,25	5,65	707×152×252	34,8
10НКН-60, 10ЖН-60	12,5	60	15	7,5	600×170×388	57,8
10НКН-100, 10ЖН-100	12,5	100	25	12,5	884×178×388	78
17ЖН-22	21,25	22	5,5	2,75	435×285×252	36
17НКН-45	21,25	45	11,25	5,65	640×289×252	—
32АКН-2,25	40	2,25	0,56	0,28	525×165 168	—
64АКН-2,25	80	2,25	0,56	0,28	525×317×168	—

Ни в коем случае нельзя пользоваться одной и той же посудой для щелочных и кислотных аккумуляторов, а также держать и заряжать щелочные аккумуляторы в одном помещении с кислотными.

Зарядка щелочных аккумуляторов обычно продолжается 8—10 *ч*. Во время зарядки и в течение 2—3 *ч* после зарядки пробки у аккумуляторов должны быть открыты В это время к аккумулятору нельзя подносить зажженную свечу, спичку или закуренную папиросу.

Окончание зарядки щелочного аккумулятора определяется продолжительностью зарядки, величиной зарядного тока и напряжением каждого его элемента.

Номинальное напряжение одного элемента щелочного аккумулятора равно 1,25 *в*. В конце зарядки напряжение повышается до 1,75—1,8 *в*, а в конце разрядки (под нагрузкой) оно понижается до 1 *в*.

В щелочных аккумуляторах необходимо не реже чем через каждые 6 мес. сменять электролит.

Серебряно-цинковые аккумуляторы

По сравнению с кислотными и щелочными серебряно-цинковые аккумуляторы обладают большей плотностью тока (0,5 *а/см*^{2} при толщине пластин 0,1—0,15 *мм*), меньшим саморазрядом (при хранении до полугода запас энергии уменьшается лишь на 20%) и лучшей работоспособностью при значительных изменениях окружающей температуры.

Серебряно-цинковый аккумулятор состоит из пластмассового сосуда и помещенных в нем пластин из окиси цинка (отрицательные электроды) и пластин из серебра (положительные электроды). Электролитом служит раствор едкого кали.

Номинальное напряжение аккумулятора равно 1,5 *в*. Зарядка производится при напряжении 2,1 *в*.

Благодаря небольшому количеству электролита и водонепроницаемой пробке эти аккумуляторы можно монтировать в любом положении.

Недостатком серебряно-цинковых аккумуляторов является их сравнительно высокая стоимость.

Серебряно-цинковые аккумуляторы

Обозначение	Номинальное напряжение, *в*	Номинальная емкость, *а·ч*	Нормальный зарядный ток, *а*	Разрядный ток при 5-минутном разряде, *а*	Размеры, *мм*	Вес, *г*
СЦ-0,5	1,5	0,5	0,5	7	12×24×37	19,5
СЦ-5	1,5	5	5	70	32×45×63	165
СЦ-11	1,5	12	10	120	21×41×100	190
СЦ-25	1,5	25	25	300	47×47×106	470
СЦ-45	1,5	45	50	700	47×51×140	700
СЦ-95	1,5	95	100	1 200	71×55×212	1 820
СЦ-100	1,5	100	100	1 200	50×105×140	1 950

11-3. ВЫПРЯМИТЕЛИ СЕТЕВОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Выпрямители служат для получения постоянного напряжения путем преобразования переменного напряжения электросети в постоянное пульсирующее напряжение с последующим сглаживанием пульсаций при помощи фильтра

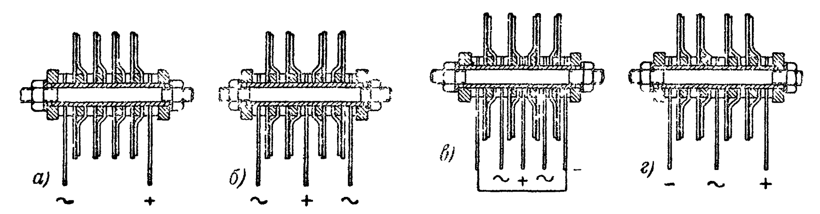
В выпрямителях для питания приемников и усилителей обычно используются либо кенотроны, либо селеновые столбики.

Электрические параметры кенотронов

Обозначение	Количество анодов	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *ма*	Наибольшее выпрямленное напряжение U_0, *в*	Наибольший выпрямленный ток I_0, *ма*	Наибольшая амплитуда обратного напряжения анода $U_{обр}$, *в*	Наибольшая амплитуда тока анода $I_{макс}$, *ма*	Внутреннее сопротивление R_i, *ом*
1Ц1С	1	0,7	185	5 100	0,5	15 000	5	7 500
1Ц7С	1	1,25	200	10 000	2	30 000	17	11 000
1Ц11П	1	1,2	200	6 700	0,3	20 000	2	20 000
2Ц2С	1	2,5	1,75	4 200	7	12 500	100	4 500
5Ц3С	2	5	3 000	570	125×2	1 700	750×2	200
5Ц4М	2	5	2 000	520	70×2	1 550	415×2	150
5Ц4С	2	5	2 000	450	62,5×2	1 350	375×2	150
5Ц8С	2	5	5 000	570	210×2	1 700	1 200×2	200
5Ц9С	2	5	3 000	570	102×2	1 700	600×2	300
6Х2П	2	6,3	300	150	10×2	450	90×2	250
6Х6С	2	6,3	300	150	9×2	465	50×2	500
6Ц4П	2	6,3	600	400	37×2	1 000	300×2	250
6Ц5С	2	6,3	600	460	37×2	1 375	300×2	250
6Ц10П	1	6,3	1 050	1 500	120	4 500	450	100
30Ц1М	1	30	300	200	90	500	500	150
30Ц6С	2	30	300	200	60×2	500	500×2	150
ВО-188	2	4	2 000	430	75×2	1 300	600×2	150
ВО-230	1	4	700	300	50	900	360	200
ВО-239	1	4	2 000	600	180	1 800	1 200	100

Примечание Цоколевка кенотронов помещена на стр 388—398. I_0 и $I_{макс}$ соответствуют значениям $I_в$ и I_m в цоколевках.

Промышленные селеновые столбики ВС, АВС и ТВС (выпускается более 600 типов) собраны из круглых (диаметром 5, 7,2, 18, 25, 35 45 и 100 *мм*) или квадратных (40×40, 60×60, 75×75, 90×90 и 100×100 *мм*) пластин, предназначены для различных схем выпрямления и рассчитаны на разные напряжения и токи.



Селеновые столбики.
а — для однополупериодной схемы; *б* — для двухполупериодной схемы с нулевой точкой; *в* — для двухполупериодной мостовой схемы; *г* — для двухполупериодной схемы с удвоением напряжения.

Каждый элемент (пластина) столбика ВС или АВС рассчитан на действующее переменное входное напряжение U до 18 *в* и наибольшую амплитуду обратного напряжения $U_{обр}=25$ *в*, а элемент столбика ТВС — на U до 30 *в* и $U_{обр}=42$ *в*.

Электрические параметры селеновых пластин

Размеры, *мм*	Наибольший выпрямленный ток I, *ма*	Внутреннее сопротивление r при токе I, *ом*	Внутреннее сопротивление R_i столбика или диска при рабочем токе I_0, *ом*
∅ 5	1,2	300	$R_i = Nr\sqrt{\frac{I}{I_0}}$, где N — число последовательно включенных дисков в столбике
∅ 7,2	6	90	
∅ 18	40	15	
∅ 25	75	5	
∅ 35	150	2,5	
∅ 45	300	1,2	
∅ 100	1 500	0,15	
40×40	300	1,2	
60×60	600	0,5	
75×75	1 200	0,25	
90×90	1 500	0,15	
100×100	2 000	0,12	

Выбор схемы выпрямителя определяется необходимыми для питания напряжением и током, способом питания от электросети (непосредственно или через трансформатор) и видом выпрямительного элемента (кенотрона или селеновых столбиков).

Ниже приводится ряд различных схем выпрямителей, работающих на емкость, в качестве которой чаще всего используются электролитические конденсаторы.

Расчет выпрямителя производится по заданным величинам выпрямленного напряжения и тока и известному переменному напряжению электросети.

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Выпрямленное напряжение до фильтра	U_0	*в*
Обратное напряжение (между анодом и катодом кенотрона или селенового столбика при отрицательном потенциале на аноде)	$U_{обр}$	*в*
Переменные напряжения на первой, второй, третьей и четвертой обмотках сетевого трансформатора	U_1, U_2, U_3 и U_4	*в*
Выпрямленный (рабочий) ток . .	I_0	*ма*
Наибольший импульс тока через кенотрон .	$I_{макс}$	*ма*
Токи первой, второй, третьей и четвертой обмоток трансформатора	I_1, I_2, I_3 и I_4	*ма*
Общий ток первичной обмотки (с учетом всех вторичных обмоток)	$I_{1общ}$	*ма*
Наибольший выпрямленный ток селенового диска . . .	I	*ма*
Добавочное (защитное) сопротивление	$R_д$	*ом*
Мощность, рассеиваемая на сопротивлении $R_д$	$P_{R_д}$	*вт*
Внутреннее сопротивление кенотрона или селенового столбика .	R_i	*ом*
Внутреннее сопротивление селенового диска при наибольшем выпрямленном токе	r	*ом*
Число последовательно включенных дисков в селеновом столбике . .	N	шт.
Сопротивление трансформатора (сопротивление вторичной и приведенное сопротивление первичной обмоток трансформатора) .	$R_{Тр}$	*ом*
Емкость конденсаторов на входе фильтра . . .	C_0, C_1, C_2, C_3 и C_4	*мкф*
Номинальное рабочее напряжение на конденсаторах C_0, C_1 и C_2 .	U_{C_0}, U_{C_1} и U_{C_2}	*в*
Коэффициент пульсации на входе фильтра	P_0	%

Конденсаторы электролитические типа КЭ

Номинальная емкость, *мкф*	Номинальное рабочее напряжение U_{C_0}, *в*									
2	—	—	—	—	—	—	300	400	450	—
4	—	—	—	—	—	150	300	400	450	—
5	—	—	—	—	—	—	300	400	450	500
8	—	—	—	—	50	150	300	400	450	—
10	—	12	20	30	50	150	300	400	450	500
20	—	12	20	30	50	150	300	400	450	500
30	—	12	20	30	50	150	300	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	450	—
50	8	12	20	30	50	—	—	—	—	—
100	8	12	20	30	50	—	—	—	—	—
200	8	12	20	30	—	—	—	—	—	—
500	8	12	20	30	—	—	—	—	—	—
1 000	8	12	20	—	—	—	—	—	—	—
2 000	8	12	20	—	—	—	—	—	—	—

При расчете определяют тип кенотрона или диаметр и количество селеновых дисков, напряжение вторичной обмотки и токи вторичной и первичной обмоток сетевого трансформатора или величину добавочного (защитного) сопротивления, емкость и рабочее напряжение конденсатора и коэффициент пульсации

Приводимые далее упрощенные расчетные формулы и графики выведены для случая использования электросети с частотой 50 *гц*.

Однополупериодная схема

Наиболее простая схема выпрямителя с одним плечом, в которой используется только один (положительный) полупериод переменного напряжения Применяется для питания маломощных приемников и других устройств, где допускается несколько повышенная пульсация выпрямленного напряжения Рекомендуется при выпрямляемой мощности не более 10—15 *вт* В схеме применяется кенотрон или селеновый столбик Частота пульсации равна частоте выпрямляемого тока (50 *гц*)

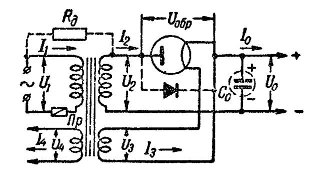


Схема однополупериодного выпрямителя.

Расчетные соотношения

$$U_{обр} = 3U_0,\ I_{макс} = 7I_0,\ U_2 = 0{,}75U_0 + \frac{I_0(R_i + R_{тр})}{200};$$

$$I_2 = 2I_0 + \frac{12U_0}{R_i + R_{Tp}}; \quad I_1 = \frac{1{,}2U_2\sqrt{I_2^2 - I_0^2}}{U_1};$$

$$C_0 = \frac{60I_0}{U_0}; \quad U_{C_0} = 1{,}2U_0; \quad p_0 = \frac{600I_0}{U_0C_0};$$

$$I_{1общ} = I_1 + \frac{I_3U_3}{U_1} + \frac{I_4U_4}{U_1} + \dots$$

В схеме без сетевого трансформатора

$$\text{при } U_1 = 110 \text{ в} \qquad R_д = \frac{200\,(145 - U_0)}{I_0};$$

$$\text{при } U_1 = 127 \text{ в} \qquad R_д = \frac{200\,(168 - U_0)}{I_0};$$

$$\text{при } U_1 = 220 \text{ в} \qquad R_д = \frac{200\,(290 - U_0)}{I_0};$$

$$I_0 = 2I_0 + \frac{12U_0}{R_i + R_д}; \quad P_{Rд} = \frac{I_1^2R}{1\,000\,000}.$$

Пример расчета. *Дано.* $U_0 = 250$ *в*; $I_0 = 50$ *ма*; $U_1 = 110$ *в*.

Определяем

$$U_{обр} = 3 \cdot 250 = 750 \text{ в}; \quad I_{макс} = 7 \cdot 50 = 350 \text{ ма}.$$

Выбираем (см. стр. 347) кенотрон ВО-230 и находим:

$$R_i = 200 \text{ ом}.$$

По графику (или формуле) получаем $R_{Tp} = 240$ *ом* Тогда:

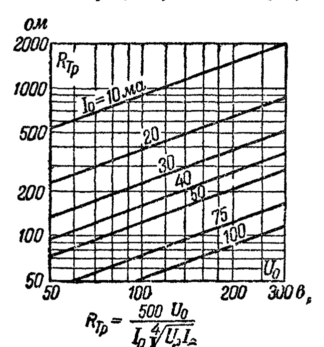


График и формула для определения сопротивления трансформатора в схеме однополупериодного выпрямителя.

$$U_2 = 0{,}75 \cdot 250 + \frac{50\,(200 + 240)}{265} = 270 \text{ в},$$

$$I_2 = 2 \cdot 50 + \frac{12 \cdot 250}{200 + 240} = 107 \text{ ма};$$

$$I_1 = \frac{1{,}2 \cdot 270\sqrt{107^2 - 50^2}}{110} = 280 \text{ ма},$$

$$C_0 = \frac{60 \cdot 50}{250} = 12 \text{ мкф}; \quad U_{C_0} = 1{,}2 \cdot 250 = 300 \text{ в}.$$

Выбираем (см. стр. 350) электролитический конденсатор 10 *мкф* с $U_{C_0} = 300$ *в*. В этом случае $p_0 = \frac{600 \cdot 50}{250 \cdot 10} = 12\%$, т. е. выпрямитель пригоден, например, для питания обмотки возбуждения динамического громкоговорителя (см. стр 357).

При $U_3 = 4$ *в*; $I_3 = 700$ *ма*, $U_4 = 6{,}3$ *в* и $I_4 = 1\,000$ *ма*

$$I_{1\,общ} = 280 + \frac{700 \cdot 4}{110} + \frac{1\,000 \cdot 6{,}3}{110} = 363 \text{ ма}.$$

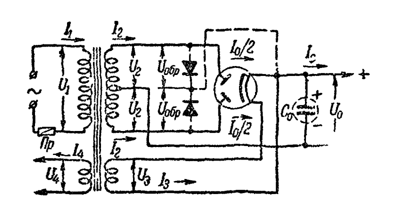


Схема двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой.

Двухполупериодная схема с нулевой точкой

Наиболее распространена схема выпрямителя с двумя плечами, использующая оба полупериода переменного напряжения (обе половины вторичной обмотки трансформатора работают поочередно) Рекомендуется при выпрямляемой мощности более 10—15 *вт*. В схеме чаще всего применяется двуханодный кенотрон, реже — селеновые столбики. Частота пульсации равна удвоенной частоте выпрямляемого тока (100 *гц*).

Расчетные соотношения

$$U_{обр} = 3U_0;\ I_{макс} = 3{,}5I_0;\ U_2 = 0{,}75U_0 + \frac{I_0(R_i + R_{Tp})}{530};$$

$$I_2 = I_0 + \frac{12U_0}{R_i + R_{Tp}};\ I_1 = \frac{1{,}7U_2I_2}{U_1},\ C_0 = \frac{30I_0}{U_0},\ U_{C_0} = 1{,}2U_0;\ p_0 = \frac{300I_0}{U_0C_0};$$

$$I_{1общ} = I_1 + \frac{I_3U_3}{U_1} + \frac{I_4U_4}{U_1} + \ldots$$

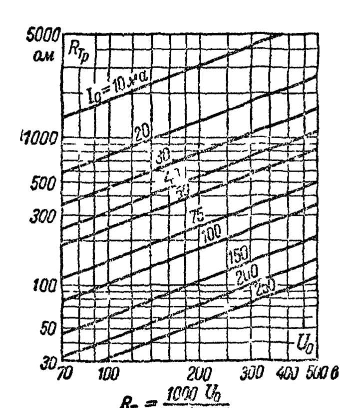


График и формула для определения сопротивления трансформатора в схеме двухполупериодного выпрямителя

$$R_{Tp} = \frac{1000\,U_0}{I_0\sqrt[4]{U_0I_0}}$$

Пример расчета. *Дано*: $U_0 = 300$ *в*; $I_0 = 100$ *ма*, $U_1 = 110$ *в*.

Определяем

$$U_{обр} = 3 \cdot 300 = 900\ в;$$

$$I_{макс} = 3{,}5 \cdot 100 = 350\ ма.$$

Выбираем (см. стр. 347), например, кенотрон 5Ц4С и находим.

$$R_i = 150\ ом.$$

По графику (или формуле) получаем $R_{Tp} = 230$ *ом* Тогда

$$U_2 = 0{,}75 \cdot 300 + \frac{100(150 + 230)}{530} = 297\ в,$$

$$I_2 = 100 + \frac{12\ 300}{150 + 230} = 109\ \textit{ма},$$

$$I_1 = \frac{1{,}7 \cdot 297\ 109}{110} = 500\ \textit{ма},$$

$$C_0 = \frac{30\ 100}{300} = 10\ \textit{мкф},$$

$$U_{C_0} = 1{,}2 \cdot 300 = 360\ \textit{в}.$$

Выбираем (см. стр 350) электролитический конденсатор 10 *мкф* с $U_{C_0} = 400$ *в*. В этом случае

$$p_0 = \frac{300 \cdot 100}{300\ 10} = 10\%.$$

При $U_3 = 5$ *в*; $I_3 = 2\,000$ *ма*, $U_4 = 6{,}3$ *в* и $I_4 = 2\,000$ *ма*

$$I_{1\,общ} = 500 + \frac{2\,000 \cdot 5}{110} + \frac{2\,000 \cdot 6{,}3}{110} = 705\ \textit{ма}.$$

Двухполупериодная мостовая схема

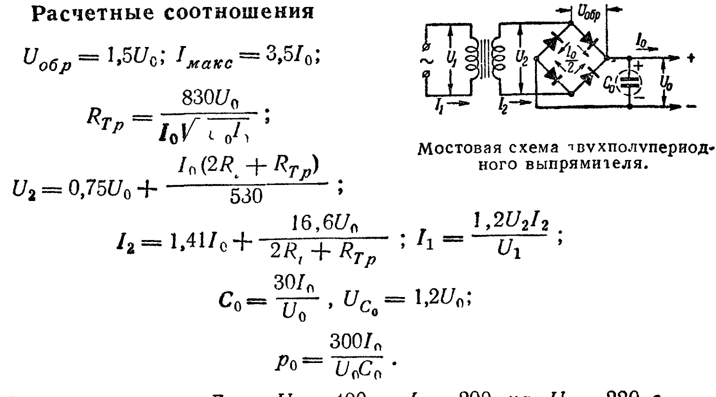
Схема выпрямителя с четырьмя плечами, использующая оба полупериода переменного напряжения. В отличие от схемы двухполупериодного выпрямителя с нулевой точкой вторичная обмотка сетевого трансформатора в мостовой схеме не имеет отвода от середины и напряжение на этой обмотке должно быть примерно равно напряжению половины вторичной обмотки сетевого трансформатора двухполупериодной схемы с нулевой точкой Чаще всего используется для выпрямления сравнительно больших токов В схеме, как правило, применяются селеновые столбики. Частота пульсации равна удвоенной частоте выпрямляемого тока.

Расчетные соотношения

$$U_{обр} = 1{,}5U_0;\ I_{макс} = 3{,}5I_0;$$

$$R_{Tp} = \frac{830U_0}{I_0\sqrt{U_0 I_0}};$$

$$U_2 = 0{,}75U_0 + \frac{I_0(2R_i + R_{Tp})}{530};$$



Мостовая схема двухполупериодного выпрямителя.

$$I_2 = 1{,}41I_0 + \frac{16{,}6U_0}{2R_i + R_{Tp}};\ I_1 = \frac{1{,}2U_2I_2}{U_1};$$

$$C_0 = \frac{30I_0}{U_0},\ U_{C_0} = 1{,}2U_0;$$

$$p_0 = \frac{300I_0}{U_0C_0}.$$

Пример расчета. *Дано.* $U_0 = 400$ *в*, $I_0 = 200$ *ма*, $U_1 = 220$ *в*.

Определяем:
$U_{обр} = 1{,}5 \cdot 400 = 600$ *в*; $I_{макс} = 3{,}5 \cdot 200 = 700$ *ма*, а выпрямленный ток в одном плече составляет $\frac{200}{2} = 100$ *ма*.

Выбираем (см. стр. 348) селеновые столбики (4 шт.), составленные из дисков диаметром 35 *мм*. Так как обратное напряжение на один диск составляет 25 *в*, то число последовательно включенных дисков в каждом столбике $N = \frac{600}{25} = 24$ шт. Находим (см. стр. 348) $R_i = 24 \cdot 2{,}5 \sqrt{\frac{150}{100}} = 73$ *ом* и вычисляем:

$$R_{Tp} = \frac{830 \cdot 400}{200 \sqrt[4]{400 \cdot 200}} = 98 \text{ ом}.$$

Тогда

$$U_2 = 0{,}75 \cdot 400 + \frac{200\,(2 \cdot 73 + 98)}{530} = 392 \text{ в};$$

$$I_2 = 1{,}41 \cdot 200 + \frac{16{,}6 \cdot 400}{2 \cdot 73 + 98} = 309 \text{ ма};$$

$$I_1 = \frac{1{,}2 \cdot 392 \cdot 309}{220} = 660 \text{ ма}; \quad C_0 = \frac{30 \cdot 200}{400} = 15 \text{ мкф};$$

$$U_{C_0} = 1{,}2 \cdot 400 = 480 \text{ в}.$$

Выбираем (см. стр. 350) электролитический конденсатор 20 *мкф* с $U_{C_0} = 500$ *в*. В этом случае $p_0 = \frac{300 \cdot 200}{400 \cdot 20} = 7{,}5\%$.

Двухполупериодная схема с удвоением напряжения

Схема выпрямителя с двумя плечами, использующая оба полупериода переменного напряжения. Чаще всего применяется для питания бестрансформаторных приемников, в которых напряжение сети (110 или 127 *в*) заменяет напряжение вторичной обмотки сетевого трансформатора, а нити накала кенотрона и ламп соединяются последовательно и питаются непосредственно от той же сети. В схеме используются либо двуханодный кенотрон с раздельными катодами, либо селеновые столбики. Частота пульсации равна удвоенной частоте выпрямляемого тока (100 *гц*).

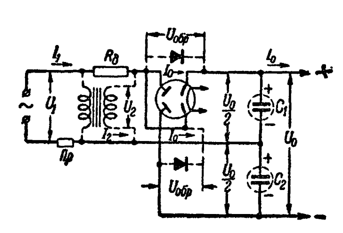


Схема двухполупериодного выпрямителя с удвоением напряжения.

Расчетные соотношения

$U_{обр} = 1{,}5 U_0$; $I_{макс} = 7 I_0$;

при $U_1 = 110$ *в*

$$R_д = \frac{100\,(290 - U_0)}{I_0} - R_i;$$

$$\text{при } U_1 = 127 \text{ в} \quad R_\partial = \frac{100\,(335 - U_0)}{I_0} - R_i;$$

$$\text{при } U_1 = 220 \text{ в} \quad R_\partial = \frac{100\,(580 - U_0)}{I_0} - R_i;$$

$$I_1 = 2{,}8I_0 + \frac{8U_0}{R_i + R_\partial}; \quad P_{R_\partial} = \frac{I_1^2 R_\partial}{1\,000\,000};$$

$$C_1 = C_2 = \frac{125I_0}{U_0}; \quad U_{C_1} = U_{C_2} = 0{,}6U_0, \quad p_0 = \frac{1\,250I_0}{U_0 C_1}.$$

В схеме с сетевым трансформатором

$$R_{Tp} = \frac{220U_0}{I_0 \sqrt[4]{U_0 I_0}}; \quad U_2 = 0{,}38U_0 + \frac{I_0(R_i + R_{Tp})}{265};$$

$$I_2 = 2{,}8I_0 + \frac{8U_0}{R_i + R_{Tp}}; \quad I_1 = \frac{1{,}2I_2U_2}{U_1}.$$

Пример расчета (бестрансформаторный вариант). *Дано* $U_0 = 180$ *в*, $I_0 = 50$ *ма*; $U_1 = 127$ *в*.

Определяем:

$$U_{обр} = 1{,}5 \cdot 180 = 270 \text{ в}; \quad I_{макс} = 7 \cdot 50 = 350 \text{ ма}.$$

Выбираем (см. стр. 347) кенотрон 30Ц6С и находим:

$$R_i = 150 \text{ ом. Тогда.}$$

$$R_\partial = \frac{100\,(335 - 180)}{50} - 150 = 160 \text{ ом};$$

$$I_1 = 2{,}8 \cdot 50 + \frac{8\ 180}{150 + 160} = 145 \text{ ма};$$

$$P_{R_\partial} = \frac{145^2\ 160}{1\,000\,000} = 3{,}4 \text{ вт},$$

$$C_1 = C_2 = \frac{125 \cdot 50}{180} = 35 \text{ мкф};$$

$$U_{C_1} = U_{C_2} = 0{,}6 \cdot 180 = 180 \text{ в}.$$

Выбираем (см. стр. 350) электролитические конденсаторы по 30 *мкф* с $U_{C_1} = U_{C_2} = 150$ *в*. В этом случае $p_0 = \frac{1\,250 \cdot 50}{180 \cdot 30} = 12\%$.

Однополупериодная схема с умножением напряжения

Схема позволяет в зависимости от числа каскадов умножения K получить примерно удвоенное, утроенное, учетверенное и т. д. по сравнению с выпрямляемым напряжением U_2 выпрямленное напряжение U_0. Применяется обычно при малом выпрямляемом токе I_0 (до 3—5 *ма*).

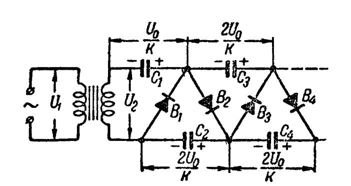


Схема однополупериодного выпрямителя с умножением напряжения.

В схеме используются селеновые столбики. Частота пульсации равна частоте выпрямляемого тока (50 *гц*).

Расчетные соотношения

$$U_2=\frac{0{,}85U_0}{K};\ U_{обр}=2{,}8U_2;$$

$$C_1=C_2=C_3=C_4=\ldots=\frac{34I_0(K+2)}{U_2};$$

$$U_{C_1}=\frac{U_0}{K};\ U_{C_2}=U_{C_3}=U_{C_4}=\frac{2U_0}{K};\ p_0=\frac{200I_0(K+2)}{U_2C_1}.$$

Пример расчета. *Дано*: $U_0=1\,000$ *в*; $I_0=1$ *ма*; $K=4$. *Определяем*:

$$U_2=\frac{0{,}85\cdot 1\,000}{4}\approx 213\ в;\ U_{обр}=2{,}8\cdot 213\approx 600\ в.$$

Выбираем (см. стр. 348) селеновые столбики (4 шт.), составленные из дисков диаметром 5 *мм*. Так как обратное напряжение на один диск составляет 25 *в*, то число последовательно включенных дисков в каждом столбике $N=\frac{600}{25}=24$ шт.

Далее

$$C_1=C_2=C_3=C_4=\frac{34\cdot 1\,(4+2)}{213}=1\ мкф;$$

$$U_{C_1}=\frac{1\,000}{4}=250\ в;\ U_{C_2}=U_{C_3}=U_{C_4}=\frac{2\cdot 1\,000}{4}=500\ в.$$

В этом случае

$$p_0=\frac{200\cdot 1\,(4+2)}{213\cdot 1}=6\%.$$

11-4. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Уменьшение величины пульсации выпрямленного напряжения осуществляется при помощи сглаживающего фильтра.

Фильтры к выпрямителям, работающим на емкость, представляют собой одно или два Г-образных звена, состоящих из индуктивности (дросселя) и емкости (конденсатора) или из сопротивления и емкости. Выбор того или иного звена или их сочетания определяется величиной пропускаемого через фильтр выпрямленного тока и возможностями использования наличных деталей.

Расчет фильтра производится по заданным величинам выпрямленного напряжения, тока, коэффициента пульсации и емкости конденсатора на входе фильтра.

При расчете определяют допустимый коэффициент пульсации на выходе фильтра (в зависимости от характера нагрузки) и при по-

мощи упрощенных формул вычисляют нужные величины деталей фильтра и напряжение на выходе фильтра.

Допустимые значения пульсации

Характер нагрузки	Коэффициент пульсации p, %
Первые каскады микрофонных усилителей	0,001—0,002
Детекторные каскады, промежуточные каскады низкой частоты	0,01—0,05
Каскады высокой и промежуточной частот, преобразовательные каскады	0,02—0,1
Однотактный выходной каскад низкой частоты . . .	0,1—0,5
Двухтактный выходной каскад низкой частоты, электронные и газовые стабилизаторы напряжения, аноды электронно-лучевых трубок	0,5—2
Обмотки возбуждения электродинамических громкоговорителей	До 20

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Выпрямленное напряжение на входе фильтра .	U_0	*в*
Постоянное напряжение на выходе фильтра . .	U	*в*
Выпрямленный ток	I_0	*ма*
Коэффициент пульсации на входе фильтра . . .	p_0	%
Коэффициент пульсации на выходе фильтра . .	p	%
Емкость конденсатора на входе фильтра . . .	C_0	*мкф*
Емкость конденсаторов фильтра	C и C'	*мкф*
Индуктивность дросселей фильтра	L и L'	*гн*
Сопротивления в звеньях фильтра	R и R'	*ом*
Мощность, рассеиваемая на сопротивлениях фильтра	P_R и $P_{R'}$	*вт*

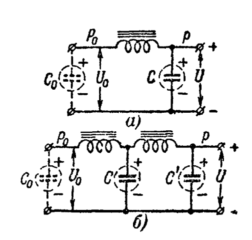
Фильтр из индуктивности и емкости

Применяется обычно при выпрямленном токе более 20 *ма* При значениях LC менее 200 выполняется чаще всего в виде одного звена. При значениях LC более 200 добавляется второе звено Емкость конденсатора C берется обычно такой же, как и емкость конденсатора C_0.

Расчетные соотношения

Для однополупериодных схем выпрямителей при одном звене фильтра $LC = \frac{10p_0}{p}$, а при двух звеньях $LC = L'C' = \frac{3,2p_0}{\sqrt{p}}$

Для двухполупериодных схем выпрямителей при одном звене фильтра $LC = \frac{2,5p_0}{p}$ и при двух звеньях $LC = L'C' = \frac{0,8p_0}{\sqrt{p}}$.



Схемы фильтров из индуктивности и емкости.
а — однозвенный фильтр; б—двухзвенный фильтр

Для всех схем U можно ориентировочно считать равным $0{,}8U_0$.

Пример расчета. *Дано*: двухполупериодная схема выпрямителя для питания однотактного выходного каскада усилителя низкой частоты; $U_0=300$ *в*; $I_0=100$ *ма*; $p_0=10\%$; $C_0=10$ *мкф*.

Определяем (см. стр. 357) $p=0{,}2$.

При фильтре с одним звеном

$$LC=\frac{2{,}5\cdot 10}{0{,}2}=125.$$

Выбираем (см. стр. 350) конденсатор 10 *мкф* с $U_C=300$ *в*. В этом случае

$$L=\frac{125}{10}=12{,}5\ гн.$$

Затем подсчитываем:

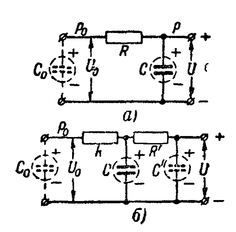
$$U=0{,}8U_0=240\ в.$$

Фильтр из сопротивления и емкости

Применяется обычно при выпрямленном токе не более 20 *ма*. При значениях RC менее 100 000 выполняется чаще всего в виде одного звена. Второе звено добавляется при значениях RC более 100 000. Емкость конденсатора C берется обычно такой же, как и емкость конденсатора C_0.

Расчетные соотношения

Для однополупериодных схем выпрямителей при одном звене фильтра $RC=\frac{3\,000p_0}{p}$, а при двух звеньях $RC=R'C'=\frac{1\,000p_0}{\sqrt{p}}$.



Схемы фильтров из сопротивления и емкости.
а — однозвенный фильтр, б — двухзвенный фильтр.

Для двухполупериодных схем выпрямителей при одном звене фильтра $RC=\frac{1\,500p_0}{p}$ и при двух звеньях $RC=R'C'=\frac{500p_0}{\sqrt{p}}$. В схеме с одним звеном $U=U_0-\frac{I_0R}{1\,000}$ и $P_R=\frac{I_0^2R}{1\,000\,000}$, а с двумя звеньями $U=U_0-\frac{I_0(R+R')}{1\,000}$ и $P_{R'}=P_R$.

Пример расчета. *Дано* однополупериодная схема выпрямителя для питания приемника с детекторным каскадом и каскадом низкой частоты:

$$U_0=250\ в;\ I_0=10\ ма;\ p_0=10\%;\ C_0=20\ мкф.$$

Определяем (см. стр. 357): $p=0{,}05$.

При однозвенном фильтре

$$RC = \frac{3\,000 \cdot 10}{0,05} = 600\,000.$$

Так как RC получилось больше 100 000, то применяем двухзвенный фильтр; тогда

$$RC = R'C' = \frac{1\,000 \cdot 10}{\sqrt{0,05}} = 45\,000.$$

Выбираем (см. стр. 350) конденсаторы C и C' по 20 *мкф* с $U_C = U_{C'} = 300$ *в*.

В этом случае:

$$R = R' = \frac{45\,000}{20} \approx 2\,200 \text{ ом}; \quad U = 250 - \frac{10\,(2\,200 + 2\,200)}{1\,000} = 206 \text{ в};$$

$$P_R = P_{R'} = \frac{10^2 \cdot 2\,200}{1\,000\,000} = 0,22 \text{ вт}.$$

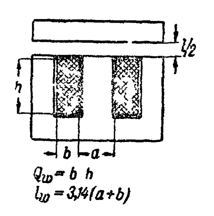
11-5. ДРОССЕЛИ ФИЛЬТРА

Дроссель в сглаживающем фильтре служит для уменьшения пульсации выпрямленного тока. Он содержит сердечник из пластин трансформаторной стали и обмотку из медного изолированного провода (обычно марки ПЭЛ). Для получения большей индуктивности сердечник дросселя, как правило, делается с зазором (прокладки из бумаги или картона) примерно 0,2—1 *мм* (при большем токе через обмотку делают больший зазор). В приемниках в качестве дросселя фильтра часто используется обмотка подмагничивания динамического громкоговорителя.

Расчет дросселя производится по заданным величинам индуктивности, выпрямленного тока и зазора в сердечнике. При расчете определяют сечение сердечника, число витков, диаметр и сопротивление провода, сечение обмотки и падение напряжения на ней.

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Сечение сердечника дросселя	Q_c	*см*²
Индуктивность дросселя	L	*гн*
Выпрямленный ток	I_0	*ма*
Полная длина зазора в сердечнике	l	*мм*
Число витков обмотки	w	—
Диаметр провода обмотки	d	*мм*
Сечение обмотки	Q_w	*см*²
Сопротивление провода обмотки	R_w	*ом*
Средняя длина витка обмотки	l_w	*см*
Падение напряжения на обмотке	U_w	*в*



Разрез дросселя.

Расчетные соотношения

$$Q_c = \frac{LI_0^2}{20\,000 l}\,;\quad w = \frac{400\,000 l}{I_0}\,;\quad d = 0{,}025\sqrt{I_0}\,;$$

$$Q_w = \frac{wd^2}{100}\,;\quad R_w = \frac{0{,}0002 w l_w}{d^2}\,;\quad U_w = \frac{R_w I_0}{1\,000}\,.$$

Пример расчета. *Дано*: $L = 12{,}5$ *гн*; $I_0 = 100$ *ма*, $l = 1$ *мм*;

Определяем:

$$Q_c = \frac{12{,}5\cdot 100^2}{20\,000\cdot 1} = 6\ \text{см}^2;\quad w = \frac{400\,000\cdot 1}{100} = 4\,000\ \text{витков},$$

$$d = 0{,}025\sqrt{100} = 0{,}25\ \text{мм};\quad Q_w = \frac{4\,000\cdot 0{,}25^2}{100} = 2{,}5\ \text{см}^2.$$

При средней длине витка, например, $l_w = 14$ *см*

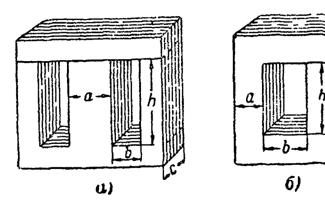
$$R_w = \frac{0{,}0002\cdot 4\,000\cdot 14}{0{,}25^2} = 179\ \text{ом и}\ U_w = \frac{179\cdot 100}{1\,000} = 17{,}9\ \text{в}.$$

По найденным Q_c и Q_w выбираем тип пластин сердечника (см. стр. 361). Учитывая объем, занимаемый стенками каркаса и изоляционными прокладками, окно сердечника выбираем несколько бо́льшим, чем сечение обмотки.

11-6. СЕТЕВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

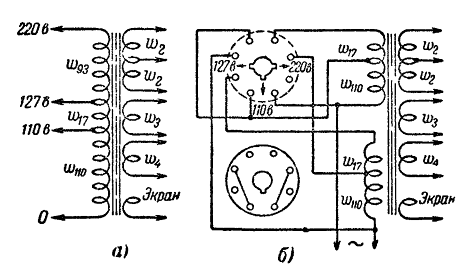
Сетевой (силовой) трансформатор служит для преобразования напряжения электросети переменного тока (обычно 110, 127 или 220 *в*) в более высокое напряжение для питания (после выпрямления) анодных цепей приемника, усилителя и т. п. и в более низкое—для непосредственного питания цепей накала.

Он содержит замкнутый сердечник из собранных вперекрышку Ш-образных или Г-образных пластин трансформаторной стали и изолированные друг от друга обмотки из медного изолированного провода (обычно марки ПЭЛ).



Сердечники для сетевых трансформаторов. *а*—из Ш-образных пластин; *б*—из Г-образных пластин.

Для включения в электросеть с напряжением 110, 127 или 220 *в* первичная (сетевая) обмотка трансформатора выполняется либо в виде одной обмотки с двумя отводами, либо в виде двух одинаковых обмоток с одним отводом в каждой из них. Во втором случае переключение обмотки на различные напряжения производится обычно



Схемы первичных обмоток трансформаторов, рассчитанных на включение в электросеть с напряжением 110, 127 или 220 *в*.

а **— для обмотки с отводами;** ***б*** **— для двухсекционной обмотки.**

перестановкой восьмиштырьковой колодки (цоколь от радиолампы) в соответствующей контактной панельке.

Для защиты от помех, проникающих через электросеть, между сетевой (первичной) и другими (вторичными) обмотками помещается незамкнутый электростатический экран (чаще всего в виде однослойной обмотки из нетолстого изолированного провода, один из концов которой заземляется при монтаже).

Расчет трансформатора производится по заданным величинам переменных напряжений и токов в его обмотках. При расчете (по упрощенным формулам) определяются габаритная мощность, размеры сердечника, число витков и диаметр провода каждой обмотки. По приведенной таблице можно выбрать тип пластин для сердечника.

Типовые Ш-образные пластины

Тип пластины	Размеры				Пределы $Q_c\ Q_o$, $см^4$
	a, *см*	b, *см*	h, *см*	$Q_o = bh$, $см^2$	
Ш-10	1	0,5	1,5	0,75	0,75—1,5
Ш-10	1	0,65	1,8	1,17	1,17—2,34
Ш-10	1	1,2	3,6	4,32	4,32—8,64
Ш-12	1,2	0,6	1,8	1,08	1,56—3,12
Ш-12	1,2	0,8	2,2	1,76	2,53—5,06
Ш-12	1,2	1,6	4,8	7,68	11,1—22,2
Ш-14	1,4	0,7	2,1	1,47	2,88—5,76
Ш-14	1,4	0,9	2,5	2,25	4,41—8,82
Ш-15	1,5	1,35	2,7	3,65	8,21—16,4
Ш-16	1,6	0,8	2,4	1,92	4,91—9,82
Ш-16	1,6	1	2,8	2,8	7,17—14,3
Ш-18	1,8	0,9	2,7	2,43	7,87—15,7

Продолжение

Тип пластины	Размеры				Пределы $Q_c\ Q_o$, $см^4$
	a, *см*	*b*, *см*	*h*, *см*	$Q_o = bh$, $см^2$	
Ш-19	1,9	1,2	3,35	4,02	14,5—29
Ш-19	1,9	1,7	4,6	7,82	28,2—56,4
Ш-20	2	1	3	3	12—24
Ш-20	2	1,7	4,7	7,99	32—64
Ш-20	2	1,8	3	5,4	21,6—43,2
Ш-20	2	1,8	5,6	10,1	40,4—80,8
Ш-21	2,1	1,9	3,8	7,22	31,8—63,6
Ш-22	2,2	1,4	3,9	5,46	26,4—52,8
Ш-24	2,4	1,2	3,6	4,32	25—50
Ш-25	2,5	2,5	6	15	93,7—187
Ш-25	2,5	3,15	5,8	18,3	114—228
Ш-26	2,6	1,3	3,9	5,07	34,3—68,6
Ш-26	2,6	1,7	4,7	7,99	54—108
Ш-28	2,8	1,4	4,2	5,88	46,5—93
Ш-28	2,8	2,35	5	11,8	92,3—185
Ш-30	3	1,5	4,5	6,75	61—121
Ш-30	3	1,9	5,3	10,1	91—182
Ш-30	3	2,7	5,4	14,6	131—262
Ш-32	3,2	1,6	4,8	7,66	78,4—157
Ш-32	3,2	3,6	7,2	25,9	265—530
Ш-35	3,5	2,2	6,15	13,5	165—330
Ш-40	4	2	6	12	192—384
Ш-40	4	2,6	7,2	18,7	300—600
Ш-40	4	3	7	21	336—672

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Габаритная мощность трансформатора . .	$P_г$	*ва*
Ширина стержня сердечника	a	*см*
Толщина пакета (пластин) сердечника . .	c	*см*
Сечение сердечника (*ac*)	Q_c	$см^2$
Ширина окна сердечника	b	*см*
Высота окна сердечника	h	*см*
Площадь окна сердечника (*bh*)	Q_o	$см^2$

Продолжение

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Напряжения первой, второй, третьей, четвертой и т д обмоток	U_1, U_2, U_3 и U_4	*в*
Токи первой, второй, третьей, четвертой и т д обмоток	$I_{1\,общ}$, I_2, I_3 и I_4	*ма*
Число витков первой, второй, третьей, четвертой и т д обмоток	w_1, w_2, w_3 и w_4	—
Диаметр проводов первой, второй, третьей, четвертой и т. д. обмоток	d_1, d_2, d_3 и d_4	*мм*

Расчетные соотношения

Для однополупериодной схемы выпрямителя

$$P_г = \frac{0{,}95U_2I_2 + U_3I_3 + U_4I_4 + \ldots}{1\,000};$$

для двухполупериодной схемы с нулевой точкой

$$P_г = \frac{1{,}7U_2I_2 + U_3I_3 + U_4I_4 + \ldots}{1\,000};$$

для мостовой схемы и двухполупериодной схемы удвоения

$$P_г = \frac{U_2I_2 + U_3I_3 + U_4I_4 + \ldots}{1\,000}.$$

С обмотками из провода марки ПЭЛ $Q_cQ_o = 1{,}6P_г$;

из провода марки ПЭШО $Q_cQ_o = 2{,}1P_г$;

из провода марки ПШД $Q_c\,Q_o = 2{,}4P_г$.

$$Q_c = \frac{Q_cQ_o}{bh} \quad \text{и} \quad c = \frac{Q_c}{a}.$$

Отношение $\frac{c}{a}$ рекомендуется выбирать от 1 до 2.

$$w_1 = \frac{48U_1}{Q_c}, \ w_2 = \frac{54U_2}{Q_c}, \ w_3 = \frac{54U_3}{Q_c}, \ w_4 = \frac{54U_4}{Q_c} \ \text{и т. д.};$$

$$d_1 = 0{,}02\sqrt{I_{1\,общ}}, \ d_2 = 0{,}02\sqrt{I_2}, \ d_3 = 0{,}02\sqrt{I_3};$$

$$d_4 = 0{,}02\sqrt{I_4} \ \text{и т. д.}$$

Для первичной обмотки с отводами (см стр 361)

$$w_{110} = \frac{5\,280}{Q_c}, \ w_{17} = \frac{816}{Q_c}, \ w_{93} = \frac{4\,464}{Q_c};$$

$$d_{110}=d_{17}=0{,}7\sqrt{\frac{P_г}{U_{110}}};\quad d_{93}=0{,}7\sqrt{\frac{P_г}{U_{220}}}.$$

Для двухсекционной первичной обмотки (см. стр. 361)

$$w_{110}=\frac{5\,280}{Q_c};\ w_{17}=\frac{816}{Q_c},\ d_{110}=d_{17}=0{,}5\sqrt{\frac{P_г}{U_{110}}}.$$

Пример расчета. *Дано* двухполупериодная схема выпрямителя с нулевой точкой (см стр 352), $U_1=110$ *в*, $U_2=297$ *в*, $U_3=5$ *в*, $U_4=6{,}3$ *в*, $I_{1\,общ}=705$ *ма*, $I_2=109$ *ма*, $I_3=2\,000$ *ма*, $I_4=2\,000$ *м*

Определяем.

$$P_г=\frac{1{,}7\cdot 297\ 109+5\cdot 2\,000+6{,}3\cdot 2\,000}{1\,000}=77{,}6\ ва.$$

С проводом марки ПЭЛ

$$Q_cQ_o=1{,}6\cdot 77{,}6=124\ см^4.$$

Выбираем (см. стр 362) пластины Ш-25 с $Q_o=bh=2{,}5\cdot 6$ Тогда

$$Q_c=\frac{124}{2{,}5\cdot 6}=8{,}3\ см^2\ и\ c=\frac{8{,}3}{2{,}5}=3{,}3\ см.$$

Отношение $\frac{c}{a}=\frac{3{,}3}{2{,}5}=1{,}3$, т. е. лежит в пределах 1—2, что означает правильный выбор типа пластин.

Далее вычисляем:

$$w_1=\frac{48\ 110}{8{,}3}=638\ витков;\ w_2=\frac{54\ 297}{8{,}3}=1\,940\ витков;$$

$$w_3=\frac{54\ 5}{8\cdot 3}=33\ витка;$$

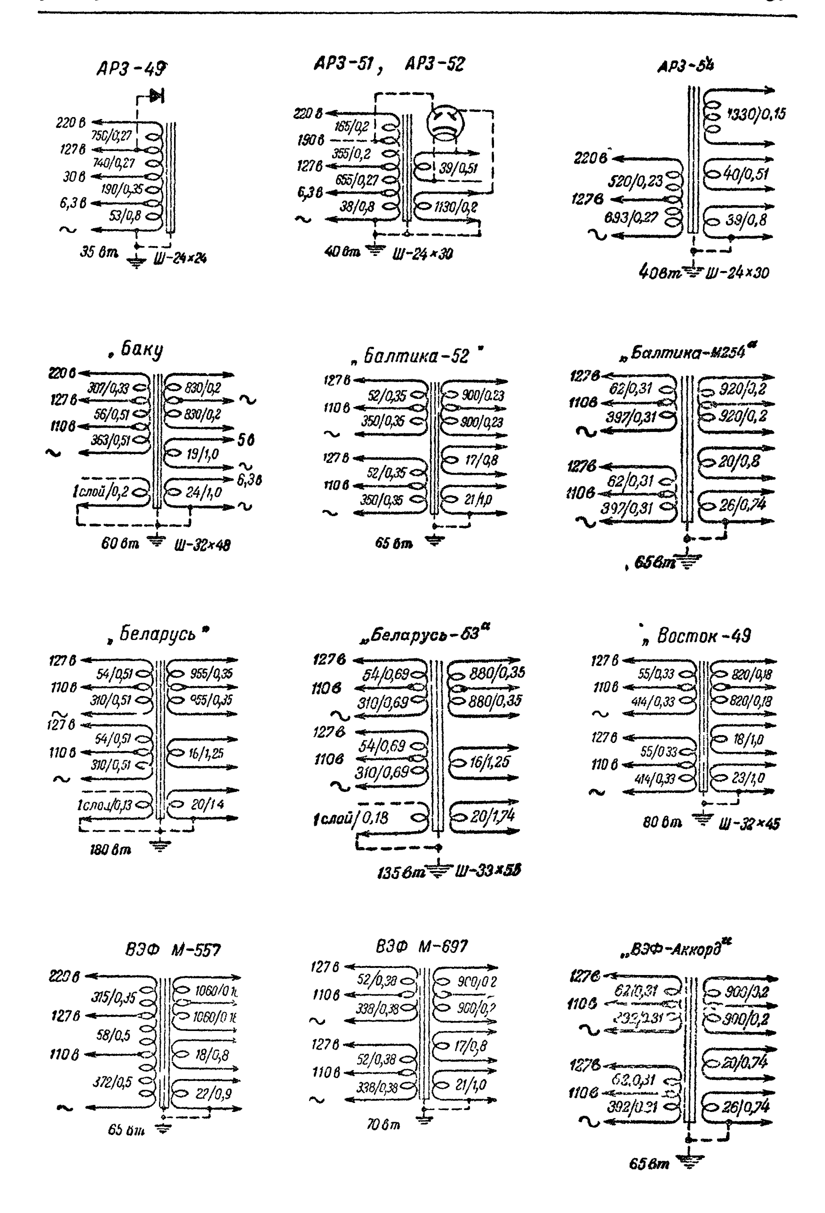
$$w_4=\frac{54\cdot 6{,}3}{8{,}3}=41\ виток,\ d_1=0{,}02\sqrt{705}=0{,}53\ мм;$$

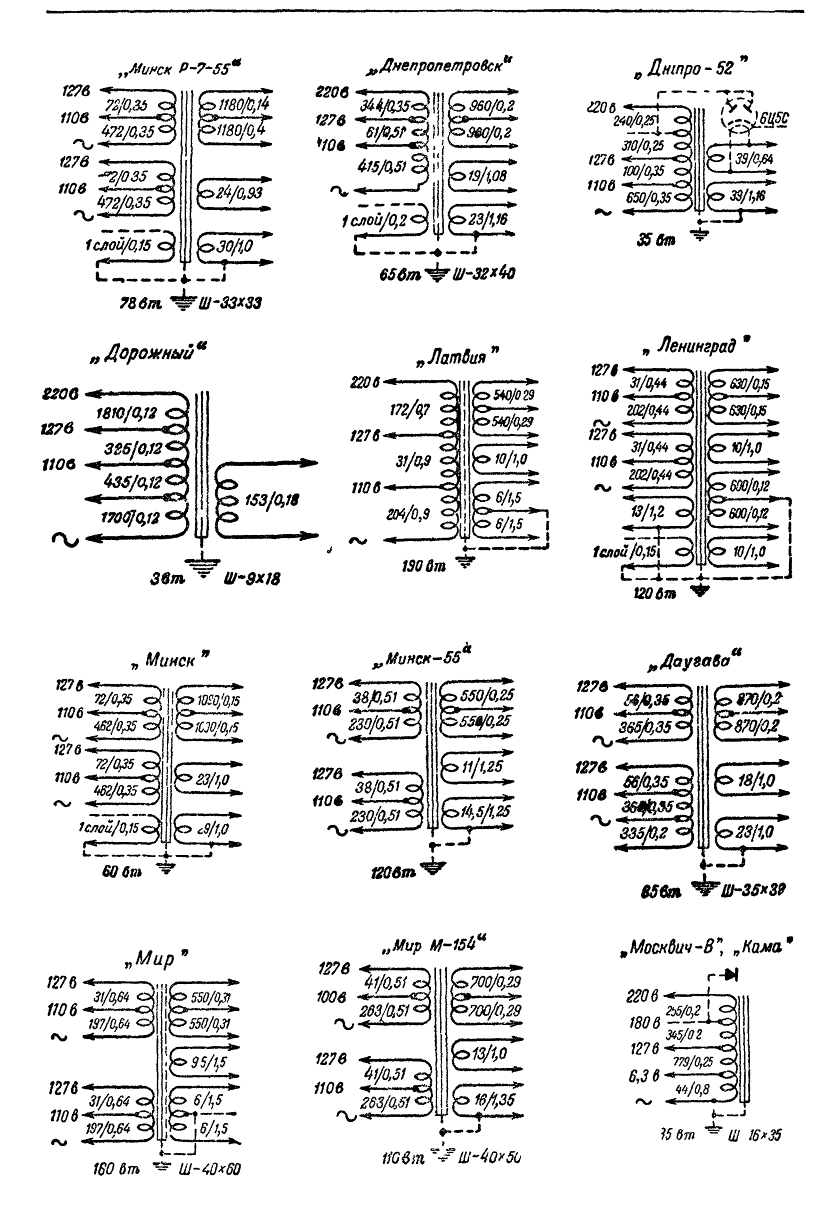
$$d_2=0{,}02\sqrt{109}=0{,}2\ мм,$$

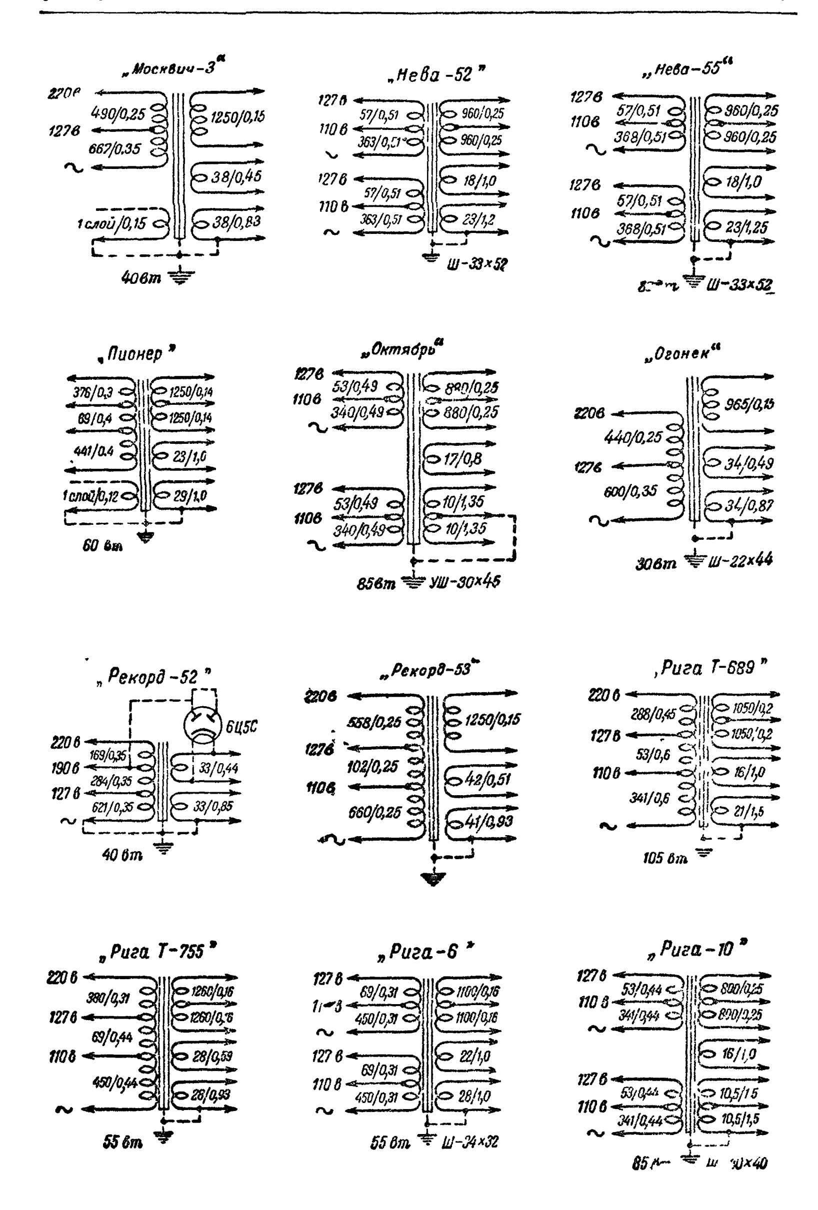
$$d_3=0{,}02\sqrt{2\,000}=0{,}9\ мм,\ d_4=0{,}02\sqrt{2\,000}=0{,}9\ мм.$$

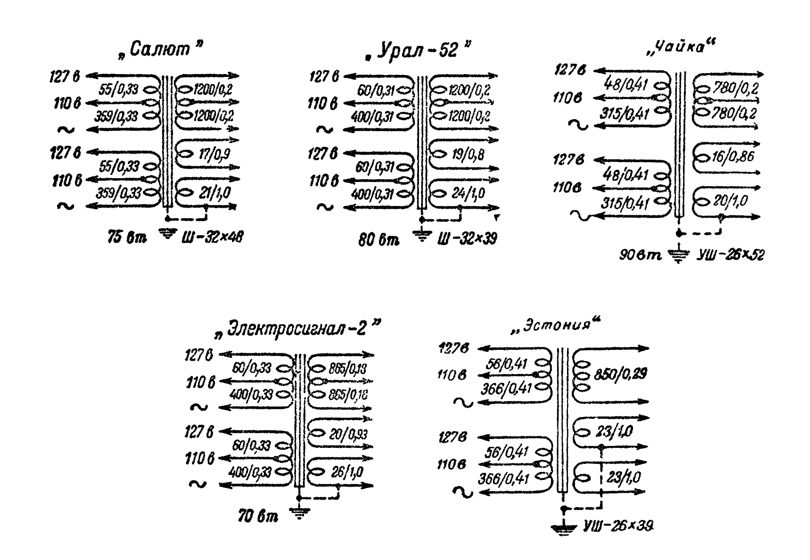
11-7. СЕТЕВЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Ниже приводятся схемы и данные сетевых (силовых) трансформаторов современных радиовещательных приемников Над каждой схемой обозначен тип приемника У выводов сетевой обмотки показаны соответствующие напряжения Возле каждой обмотки обозначены число витков и диаметр провода (например, 550/0,3 означает 550 витков провода диаметром 0,3 *мм*) Под схемой указаны потребляемая приемником от электросети мощность (например, 160 *вт*) и размеры сердечника (например, Ш-40×60 означает—пластины типа Ш-40, толщина пакета 60 *мм*). Все обмотки выполнены проводом с эмалевой изоляцией (марки ПЭЛ).


АРЗ-49
220 в
750/0,27
127 в
740/0,27
30 в
190/0,35
6,3 в
53/0,8
35 вт
Ш-24×24
АРЗ-51, АРЗ-52
220 в
165/0,2
190 в
355/0,2
127 в
655/0,27
6,3 в
38/0,8
39/0,51
1130/0,2
40 вт
Ш-24×30
АРЗ-54
1330/0,15
220 в
520/0,23
127 в
693/0,27
40/0,51
39/0,8
40 вт
Ш-24×30
„Баку"
220 в
307/0,33
127 в
56/0,51
110 в
363/0,51
830/0,2
830/0,2
19/1,0
1 слой/0,2
24/1,0
5 в
6,3 в
60 вт
Ш-32×48
„Балтика-52"
127 в
52/0,35
110 в
350/0,35
900/0,23
900/0,23
17/0,8
127 в
52/0,35
110 в
350/0,35
21/1,0
65 вт
„Балтика-М254"
127 в
62/0,31
110 в
397/0,31
920/0,2
920/0,2
20/0,8
127 в
62/0,31
110 в
397/0,31
26/0,74
65 вт
„Беларусь"
127 в
54/0,51
110 в
310/0,51
955/0,35
955/0,35
127 в
54/0,51
110 в
310/0,51
16/1,25
1 слой/0,13
20/1,4
180 вт
„Беларусь-53"
127 в
54/0,69
110 в
310/0,69
880/0,35
880/0,35
127 в
54/0,69
110 в
310/0,69
16/1,25
1 слой/0,18
20/1,74
135 вт
Ш-33×58
„Восток-49"
127 в
55/0,33
110 в
414/0,33
820/0,18
820/0,18
127 в
55/0,33
110 в
414/0,33
18/1,0
23/1,0
80 вт
Ш-32×45
ВЭФ М-557
220 в
315/0,35
127 в
58/0,5
110 в
372/0,5
1060/0,1
1060/0,1
18/0,8
22/0,9
65 вт
ВЭФ М-697
127 в
52/0,38
110 в
338/0,38
900/0,2
900/0,2
127 в
52/0,38
110 в
338/0,38
17/0,8
21/1,0
70 вт
„ВЭФ-Аккорд"
127 в
62/0,31
110 в
392/0,31
900/0,2
900/0,2
127 в
62/0,31
110 в
392/0,31
20/0,74
26/0,74
65 вт


„Минск Р-7-55"
78 вт Ш-33×33
„Днепропетровск"
65 вт Ш-32×40
„Днiпро-52"
6Ц5С
35 вт
„Дорожный"
3 вт Ш-9×18
„Латвия"
190 вт
„Ленинград"
120 вт
„Минск"
60 вт
„Минск-55"
120 вт
„Даугава"
85 вт Ш-35×39
„Мир"
160 вт Ш-40×60
„Мир М-154"
110 вт Ш-40×50
„Москвич-В", „Кама"
35 вт Ш 16×35


„Москвич-3"
220в
490/0,25
1250/0,15
127в
667/0,35
38/0,45
1 слой/0,15
38/0,83
40вт
„Нева-52"
57/0,51
960/0,25
363/0,51
960/0,25
18/1,0
57/0,51
363/0,51
23/1,2
Ш-33×52
„Нева-55"
127в
110в
57/0,51
368/0,51
960/0,25
960/0,25
18/1,0
57/0,51
368/0,51
23/1,25
Ш-33×52
„Пионер"
376/0,3
1250/0,14
69/0,4
1250/0,14
441/0,4
23/1,0
1 слой/0,12
29/1,0
60 вт
„Октябрь"
127в
110в
53/0,49
880/0,25
340/0,49
880/0,25
17/0,8
53/0,49
10/1,35
340/0,49
10/1,35
85вт
УШ-30×45
„Огонек"
965/0,15
220в
440/0,25
34/0,49
127в
600/0,35
34/0,87
30вт
Ш-22×44
„Рекорд-52"
6Ц5С
220 в
169/0,35
190 в
284/0,35
33/0,44
127 в
621/0,35
33/0,85
40 вт
„Рекорд-53"
220в
558/0,25
1250/0,15
127в
102/0,25
110в
42/0,51
660/0,25
41/0,93
„Рига Т-689"
220 в
288/0,45
1050/0,2
127 в
1050/0,2
53/0,6
110 в
16/1,0
341/0,6
21/1,5
105 вт
„Рига Т-755"
220 в
380/0,31
1260/0,16
127в
69/0,44
110в
28/0,59
450/0,44
28/0,93
55 вт
„Рига-6"
127 в
69/0,31
1100/0,16
450/0,31
1100/0,16
127 в
22/1,0
69/0,31
110 в
450/0,31
28/1,0
55 вт
Ш-34×32
„Рига-10"
127 в
53/0,44
800/0,25
110 в
341/0,44
800/0,25
16/1,0
127 в
53/0,44
10,5/1,5
110 в
341/0,44
10,5/1,5
85
×40



11-8. АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформаторы, у которых первичное и вторичное напряжения отличаются не более чем в 2 раза, при условии, когда не требуется разделения нагрузки от электросети, выполняются с одной общей обмоткой, имеющей соответствующие отводы. Такие трансформаторы называются автотрансформаторами.

Автотрансформатор, так же как и трансформатор, служит для повышения или понижения сетевого напряжения, но в отличие от трансформатора он передает только часть мощности, потребляемой нагрузкой (другая часть мощности, потребляемая нагрузкой, идет непосредственно от электросети). Поэтому автотрансформатор в ряде случаев выгоднее трансформатора, так как он требует меньшего расхода материалов и занимает меньше места.

Расчет автотрансформатора производится по заданным напряжениям и мощности, потребляемой нагрузкой от электросети. При расчете (по упрощенным формулам) определяются токи, габаритная мощность (мощность, передаваемая автотрансформатором), размеры сердечника, число витков и диаметр провода секций обмотки. По таблице (см. стр. 361) можно выбрать тип пластин для сердечника

Величины, обозначения и единицы измерения

Наименование величины	Обозначение	Единица измерения
Потребляемая от электросети мощность	P	*ва*
Габаритная мощность автотрансформатора	$P_г$	*ва*
Напряжение первичной цепи	U_1	*в*
Напряжение вторичной цепи	U_2	*в*
Ток первичной цепи	I_1	*ма*
Ток вторичной цепи	I_2	*ма*
Ширина стержня сердечника	a	*см*
Толщина пакета (пластин) сердечника	c	*см*
Сечение сердечника	Q_c	*см*^{2}
Ширина окна сердечника	b	*см*
Высота окна сердечника	h	*см*
Площадь окна сердечника bh (см. стр. 360)	Q_o	*см*^{2}
Число витков первой секции обмотки	w_1	—
Число витков второй секции обмотки	w_2	—
Диаметр провода первой секции обмотки	d_1	*мм*
Диаметр провода второй секции обмотки	d_2	*мм*

Расчетные соотношения

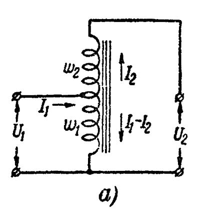
$$I_1 = \frac{1\,000P}{U_1}; \quad I_2 = \frac{1\,000P}{U_2}.$$

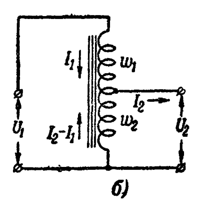
Для повышающего автотрансформатора

$$P_г = \frac{I_2(U_2 - U_1)}{1\,000}.$$

Для понижающего автотрансформатора

$$P_г = \frac{I_1(U_1 - U_2)}{1\,000}.$$





Схемы автотрансформаторов
а — повышающий автотрансформатор; *б* — понижающий автотрансформатор.

С обмоткой из провода марки ПЭЛ

$$Q_cQ_o = 1{,}6P_г;$$

из провода марки ПЭШО

$$Q_cQ_o = 2{,}1P_г;$$

из провода марки ПШД

$$Q_cQ_o = 2{,}4P_г.$$

$$Q_c = \frac{Q_cQ_o}{bh} \quad \text{и} \quad c = \frac{Q_c}{a}.$$

Отношение $\frac{c}{a}$ рекомендуется выбирать от 1 до 2.

Для повышающего автотрансформатора

$$w_1 = \frac{48U_1}{Q_c}; \; w_2 = \frac{54(U_2 - U_1)}{Q_c}; \; d_1 = 0{,}02\sqrt{I_1 - I_2}; \; d_2 = 0{,}02\sqrt{I_2}.$$

Для понижающего автотрансформатора

$$w_1 = \frac{48(U_1 - U_2)}{Q_c}; \; w_2 = \frac{54U_2}{Q_c};$$

$$d_1 = 0{,}02\sqrt{I_1}; \; d_2 = 0{,}02\sqrt{I_2 - I_1}.$$

Пример расчета. *Дано*: $U_1 = 127$ *в*; $U_2 = 220$ *в*; $P = 200$ *ва*. *Определяем*.

$$I_1 = \frac{1\,000 \cdot 200}{127} = 1\,575 \text{ ма}; \; I_2 = \frac{1\,000 \cdot 200}{220} = 909 \text{ ма};$$

$$P_г = \frac{909\,(220 - 127)}{1\,000} = 85 \text{ ва}.$$

С проводом марки ПЭЛ

$$Q_cQ_o = 1{,}6 \cdot 85 = 136 \text{ см}^4.$$

Выбираем (см. стр. 362) пластины Ш-30 с $Q_o = bh = 1{,}9 \cdot 5{,}3$. Тогда

$$Q_c = \frac{136}{1{,}9 \cdot 5{,}3} = 13{,}5 \text{ см}^2 \text{ и } c = \frac{13{,}5}{3} = 4{,}5 \text{ см}.$$

Отношение $\frac{c}{a} = \frac{4{,}5}{3} = 1{,}5$, т. е. лежит в пределах 1—2, что означает правильный выбор пластин.

Далее вычисляем.

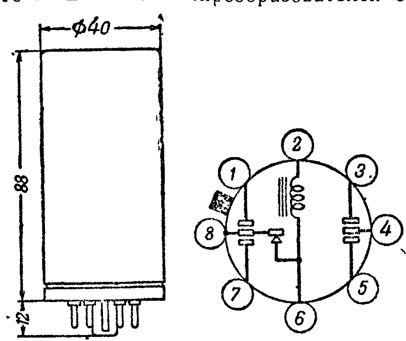
$$w_1 = \frac{48 \cdot 127}{13{,}5} = 425 \text{ витка}; \; w_2 = \frac{54\,(220 - 127)}{13{,}5} = 372 \text{ витка};$$

$$d_1 = 0{,}02\sqrt{1\,575 - 909} = 0{,}52 \text{ мм}; \; d_2 = 0{,}02\sqrt{909} = 0{,}6 \text{ мм}.$$

11-9 ВИБРОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Вибропреобразователь (вибрационный преобразователь) служит для преобразования постоянного тока низкого напряжения в постоянный ток более высокого напряжения. Он состоит из вибратора (электромагнит с контактным прерывателем) повышающего трансформатора и механического, лампового или селенового выпрямителя. Это устройство позволяет питать от накальной батареи анодные цепи радиоприемника, усилителя и т. п.

Вибропреобразователи особенно удобны для передвижной и переносной радиоаппаратуры (например, для автомобильных приемников), а также для небольших колхозных радиоузлов. Коэффициент полезного действия вибропреобразователей составляет 40—70%.



Общий вид и цоколевка вибратора.

Для вибропреобразователей выпускались и выпускаются вибраторы типов ВС-2,4, В-2,5, ВС-4,8, ВС-4 8Г, В-5, В-6, В-12, В-12Г, ВС-12, ВС-12Г, В-24 и В-26. Число в обозначении типа вибратора показывает величину номинального входного напряжения в вольтах Выходное напряжение (обычно в пределах 80—250 *в*) зависит от схемы вибропреобразователя. Номинальный выходной ток нагрузки в зависимости от типа вибратора составляет 20—90 *ма* Частота вибрации якоря указанных здесь вибраторов — около 100 *гц*. Срок службы вибратора при правильной эксплуатации достигает 2 000—3 000 *ч*. Количество включений в течение срока службы не менее 1 500. Вес вибратора 160—200 *г*

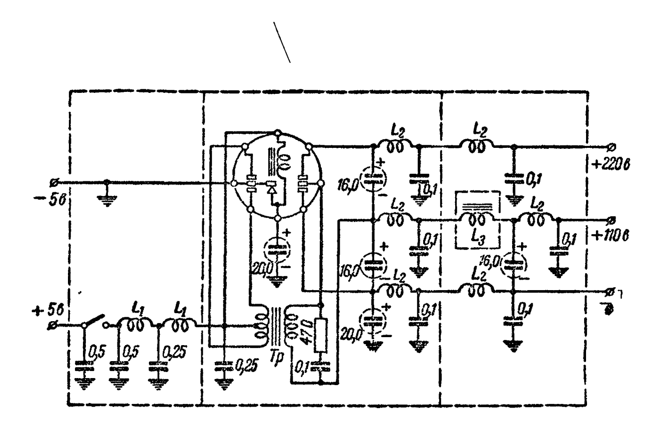


Схема вибропреобразователя с механическим выпрямлением.

Трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пластин Ш-19 при толщине пакета 19 *мм* Обмотка *I* состоит из 2×51 витков провода ПЭЛ 1,35, а обмотка *II*—из 1 420 витков ПЭЛ 0,35.

Дроссели L_1 содержат по 30 витков провода ПЭЛ 1,35, дроссели L_2 — по 175 витков ПЭЛ 0,2 и дроссель L_3 (с сердечником из трансформаторных пластин) — 5 000 витков ПЭЛ 0,14 (450 *ом*).

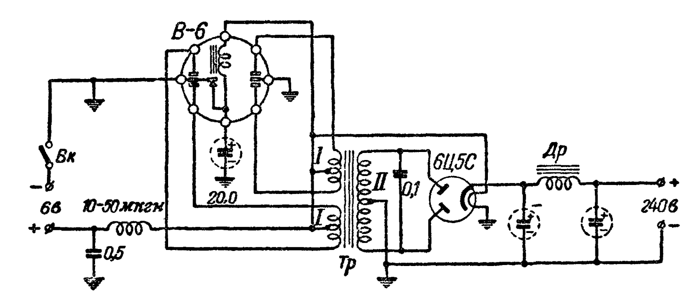


Схема вибропреобразователя с двухполупериодным ламповым выпрямителем. Трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пластин Ш-19 при толщине пакета 18 *мм*. Обмотка *I* состоит из двух секций по 2×72 витков провода ПЭЛ 1,0 в каждой, а обмотка *II*—из 3 080×2 витков ПЭЛ 0,15. Дроссель *Др* выполнен на сердечнике из пластин Ш-15 при толщине пакета 10 *мм* и зазоре 0,23 *мм*. Его обмотка состоит из 8 500 витков провода ПЭЛ 0,14.

11-10. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ

Низкое напряжение источника постоянного тока можно преобразовать в более высокое постоянное напряжение при помощи полупроводниковых приборов Для этого напряжение аккумуляторной или гальванической батареи преобразуется сначала генератором с полупроводниковыми триодами в переменное напряжение, которое затем трансформируется и выпрямляется.

По сравнению с вибропреобразователями преобразователи на полупроводниковых приборах имеют большие преимущества. Они более надежны и долговечнее в работе, обладают высоким к. п. д. (до 80%) и благодаря возможности повысить частоту трансформируемого напряжения до нескольких килогерц (вместо 100 *гц*) позволяют значительно уменьшить габариты.

Преобразователь на триодах П3А

Преобразователь позволяет получить постоянное напряжение 40—160 *в* при токе 5—25 *ма* от источника постоянного тока напряжением 5—30 *в*

Он состоит из входного фильтра с дросселями $Др_1$ и $Др_2$, генератора на 400 *гц* с двумя полупроводниковыми триодами типа П3А, выпрямителя с четырьмя полупроводниковыми диодами ДГ-Ц24, собранного по мостовой схеме, и сглаживающего фильтра с дросселем $Др_3$. Входной фильтр препятствует проникновению помех со стороны источника питания. Диод ДГ-Ц22 на входе преобразователя предохраняет полупроводниковые триоды в случае изменения полярности входного напряжения. Регулировка выходного напряжения производится переключателем *П* Для улучшения отвода тепла корпусы полупроводниковых триодов должны быть снабжены радиаторами.

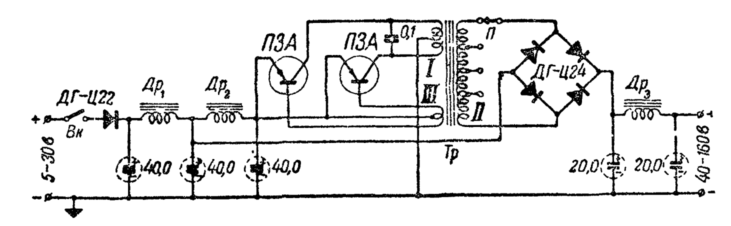


Схема преобразователя на полупроводниковых триодах П3А.

Трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пермаллоевых пластин Ш-12 при толщине пакета 16 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2×300 витков, обмотка *II* — из 1 100+800+550+550 витков и обмотка *III* — из 2×40 витков провода ПЭЛ 0,25.

Дроссели *Др*$_1$ и *Др*$_2$ выполнены на сердечниках из пластин Ш-10 при толщине пакета 10 *мм*. Обмотки их содержат по 500 витков провода ПЭЛ 0,4

Дроссель *Др*$_3$ имеет сердечник из пластин Ш-10 при толщине пакета 16 *мм*. Обмотка его намотана проводом ПЭЛ 0,13 до заполнения каркаса (сопротивление обмотки постоянному току 500 *ом*).

Преобразователь на триодах П4

Преобразователь предназначен для автомобильного приемника При входном напряжении 12 *в* (от аккумуляторной батареи) он позволяет получить на выходе постоянное напряжение порядка 230 *в* при токе около 50 *ма*.

Трансформатор *Тр* имеет замкнутый (из двух половин) Ш-образный сердечник из оксифера-2000 сечением 7×7 *мм*. Обмотка *I* состоит

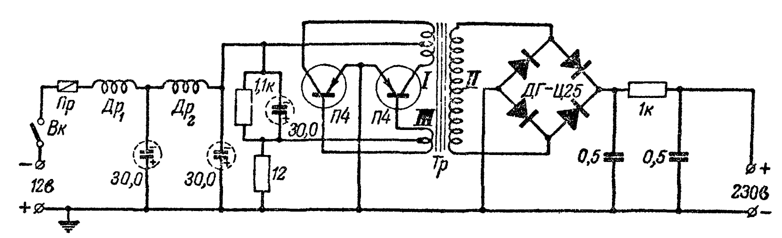


Схема преобразователя на полупроводниковых триодах П4.

из 2×59 витков провода ПЭЛ 0,49, обмотка *II* — из 1 230 витков ПЭЛ 0,15 и обмотка *III* — из 2×12 витков ПЭЛ 0,25.

Этот трансформатор можно собрать также на сердечнике из пластин Ш-9 обычной трансформаторной стали при толщине пакета 18 *мм*. Обмотка *I* в этом случае должна состоять из 2×49 витков провода ПЭЛ 0,6, обмотка *II* — из 1 080 витков ПЭЛ 0,18 и обмотка *III* — из 2×24 витков ПЭЛ 0,25. Частота генератора при этом будет

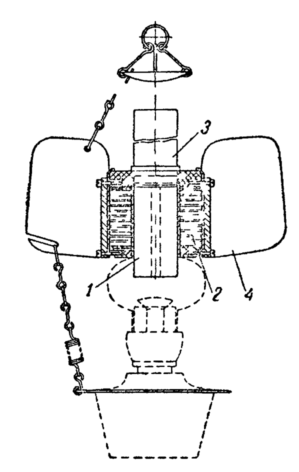
300—400 *гц* (вместо 4—5 *кгц*). Поэтому емкость конденсаторов фильтра на выходе преобразователя придется увеличить до 5—10 *мкф*

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ содержат по 36 витков провода ПЭЛ 1,25.

11-11. ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЫ

Для питания батарейных радиоприемников и малых колхозных радиоузлов выпускаются термоэлектрические генераторы ТГК-3, ТЭГК-2-2 и ТГК-10.

Действие термоэлектрического генератора основано на использовании термоэлектрического эффекта, заключающегося в том, что при нагревании места спая двух разных металлов между их свободными («холодными») концами, имеющими более низкую температуру, возникает постоянная э. д. с. (порядка милливольт).



Устройство термоэлектрогенератора ТГК-3.
1—теплопередатчик; *2* — блоки термобатарей, *3*— вытяжная труба, *4* — ребра охлаждения.

Термоэлектрогенератор ТГК-3 предназначен для питания приемников «Родина-47», «Родина-52», «Искра» и др. Он состоит из двух термобатарей с большим числом последовательно соединенных термоэлементов из металлокерамики Одна из них, дающая напряжение 2 *в* при токе 2 *а*, предназначена для питания анодных цепей приемника через вибропреобразователь, а другая, дающая напряжение 2 *в* при токе 0,5 *а*, — для питания нитей накала. Эта батарея имеет еще отвод на 1,2 *в* (при токе 0,36 *а*).

Термобатареи нагреваются 20-линейной керосиновой лампой «Молния», которая используется вместе с тем для освещения Расход керосина в час составляет 60—70 *г*.

Термоэлектрогенератор обладает длительным сроком службы и не боится коротких замыканий.

Термоэлектрогенератор ТЭГК-2-2 тоже предназначен для питания батарейных приемников и также состоит из двух термобатарей, но в отличие от термоэлектрического генератора ТГК-3 он не нуждается в вибропреобразователе.

Одна из термобатарей (1,4—0,6 *в* при токе 180—650 *ма*) служит для питания цепей накала, а другая (150—60 *в* при токе 5—13,5 *ма*) — для непосредственного питания анодных и сеточных цепей приемника. Термобатареи нагреваются 20-линейной керосиновой лампой «Молния»

Благодаря отсутствию вибропреобразователя уровень шумов приемника, питающегося от этого термоэлектрического генератора, значительно ниже, чем при питании того же приемника от термоэлектрогенератора ТГК-3.

Термоэлектрогенератор ТГК-10 предназначен для питания малых колхозных радиоузлов типа КРУ-2. Он имеет две термобатареи, одна из которых (1,2 *в* при токе 0,7 *а*) служит для питания

цепей накала, а другая (10 *в* при токе 1 *а*) – для питания анодных цепей от вибропреобразователя, имеющегося в радиоузле КРУ-2

Нагрев термобатарей этого генератора производится от керогазовой горелки.

11-12. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Для поддержания постоянства питающего напряжения применяют феррорезонансные, газовые и электронные стабилизаторы.

Феррорезонансные стабилизаторы напряжения

Эти устройства используются для стабилизации питающего переменного напряжения.

Простейшая схема феррорезонансного стабилизатора на мощность до 60 *вт* обеспечивает на выходе достаточно устойчивое напряжение.

Расчетные соотношения

Сечение сердечника Q_c трансформатора *Тр* и емкость конденсатора *C* определяются по графику в зависимости от мощности *P* трансформатора (для постоянной нагрузки).

Сопротивление *R* можно брать в пределах 30—500 *ком*.

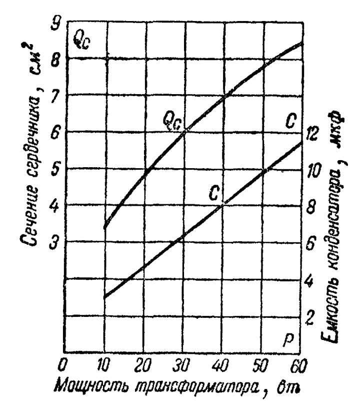
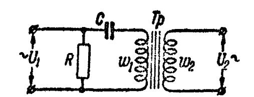


График для определения сечения сердечника Q_c и емкости *C*.



Простейшая схема феррорезонансного стабилизатора напряжения.

Число витков первичной обмотки $w_1 = \frac{40U_1}{Q_c}$.

Диаметр провода этой обмотки $d_1 = 0{,}9\sqrt{\frac{P}{U_1}}$.

Число витков вторичных обмоток $w_2 = \frac{30U_2}{Q_c}$.

Диаметр провода этих обмоток $d_2 = 0{,}8\sqrt{I_2}$.

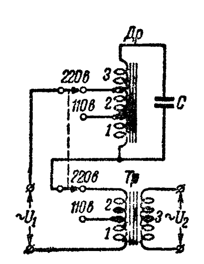


Схема феррорезонансного стабилизатора напряжения с дросселем.

Пример расчета. *Дано:* $P = 20$ *вт* $U_1 = 110$ *в*; $U_2 = 200$ *в*; $I_2 = 0{,}1$ *а*.

Из графика находим:

$$Q_c = 5\ см^2 \text{ и } C = 5\ мкф.$$

Затем определяем:

$$w_1 = \frac{40 \cdot 110}{5} = 880 \text{ витков};$$

$$d_1 = 0{,}9 \sqrt{\frac{20}{110}} = 0{,}38\ мм;$$

$$w_2 = \frac{30 \cdot 200}{5} = 1\,200 \text{ витков};$$

$$d_2 = 0{,}8 \sqrt{0{,}1} = 0{,}25\ мм.$$

Феррорезонансные стабилизаторы напряжения на мощность выше 60 *вт* выполняются по более сложным схемам обеспечивающим высокий коэффициент стабилизации при изменении напряжения электросети в пределах примерно ±40%.

Приводим ориентировочные данные таких стабилизаторов на мощности 80 и 140 *вт*.

Дроссель *Др*. Сердечник толщиной 4 *см* из пластин Ш-40. Обмотка *1* — 375 витков провода ПЭЛ 1,0. Обмотка *2* — 375 витков провода ПЭЛ 0,8 Обмотка *3* — 150 витков провода ПЭЛ 0,8

Трансформатор *Тр* Сердечник толщиной 4 *см* из пластин Ш-40 (на мощность 80 *вт*) или толщиной 7 *см* из пластин Ш-40 (на мощность 140 *вт*). Обмотка *1* — 250 витков провода ПЭЛ 1,0 (на мощность 80 *вт*) или 140 витков провода ПЭЛ 1,16 (на мощность 140 *вт*). Обмотка *2* — 250 витков провода ПЭЛ 0,69 (на мощность 80 *вт*) или 140 витков провода ПЭЛ 0,8 (на мощность 140 *вт*). Обмотка *3* — 2,3 витка на 1 *в* (на мощность 80 *вт*) или 1,3 витка на 1 *в* (на мощность 140 *вт*).

Конденсатор *С*. Рабочее напряжение 600 *в*. Емкость 6 *мкф* (на мощность 80 *вт*) или 10 *мкф* (на мощность 140 *вт*).

Изготовленный стабилизатор необходимо испытать и отрегулировать при полной его нагрузке. Напряжение U_2 на обмотке *3* можно установить подбором емкости конденсатора *С*. При увеличении емкости это напряжение возрастает, при уменьшении — падает.

Феррорезонансные стабилизаторы напряжения промышленного производства

Стабилизатор напряжения СТ-200. Предназначен для питания приемников и телевизоров, потребляющих мощность 50—200 *вт*. Рассчитан на электросеть переменного тока 127 или 220 *в*. Дает на выходе стабилизированное напряжение 220 *в* при колебаниях напряжения на входе 95—140 или 170—240 *в*.

Сетевые обмотки стабилизатора содержат 224+224 витка провода ПЭЛ 1,0 и 34 витка ПЭЛ 1,5. Компенсационная обмотка имеет 265 витков провода ПЭЛ 0,8 с отводами от 235, 240, 245, 250, 255 и 260-го витка. Стабилизирующая обмотка с конденсатором 12 *мкф* состоит из 840 витков провода ПЭЛ 1,0 с отводами от 770, 780, 790, 800, 810, 820 и 830-го витка.

Стабилизатор напряжения СН 320 Предназначен для питания телевизора, потребляющего мощность порядка 300 *вт* Рассчитан на электросеть переменного тока 110 или 220 *в* Дает на выходе стабилизированное напряжение 215—225 *в* при колебаниях напряжения на входе в пределах 90—120 или 175—240 *в*

Обмотки стабилизатора расположены на крестообразном стержне сердечника из трансформаторной стали Сетевая обмотка содержит (25+160)+(160+25) витков провода ПЭЛ 1,2 Компенсационная обмотка имеет 125 витков провода ПЭЛ 1,0 с отводами от 80, 90, 100, 105, 110, 115 и 120-го витка Стабилизирующая обмотка с двумя конденсаторами общей емкостью 10 *мкф* состоит из 700 витков провода ПЭЛ 1,2 с отводами от 340, 645, 655, 675, 680 и 690-го витка

Универсальный стабилизатор напряжения УСН 350 Предназначен для питания приемников и телевизоров разной мощности Рассчитан на электросеть переменного тока 110, 127 или 220 *в*

Дает на выходе стабилизированное напряжение 105—115 *в* при колебаниях напряжения на входе 70—130 *в*, напряжение 120—130 *в* при колебаниях 90—150 *в* или напряжение 210—230 *в* при колебаниях 150—260 *в* Имеет две перемычки для включения на мощность менее 250 и более 300 *вт*

Стабилизатор содержит автотрансформатор и дроссель На сердечнике дросселя помещены сетевые обмотки из 200 витков провода ПЭЛ 1,2 и 200 витков провода 1,56, а также компенсационная обмотка из 135 витков провода ПЭЛ 1 2 с отводами от 15, 30, 45 60, 75, 85, 95 и 115-го витка На сердечнике автотрансформатора расположены стабилизирующие обмотки из 140 и 23 витков провода ПЭЛ 1,56 27, 10 и 80 витков провода ПЭЛ 1,2 и 48, 17 и 350 витков провода ПЭЛ 1,04

Газовые стабилизаторы напряжения

Эти устройства используются для стабилизации выпрямленного напряжения В зависимости от выпрямленного напряжения U при токах нагрузки $I_н$ не более 30 *ма* применяются лампы типов СГ2С, СГ3С, СГ4С, СГ1П или СГ2П (см стр 398) Коэффициент стабилизации (для приведенной схемы) равен примерно 10

Расчетные соотношения

Для СГ2С

$$U = 110 \div 150\ в,\quad R = \frac{1\,000\,(U - 75)}{I_н + (10 \div 20)};$$

$$P_R = \frac{(U - 75)^2}{R}.$$

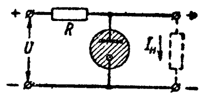


Схема газового стабилизатора напряжения.

Для СГ3С и СГ2П

$$U = 135 \div 210\ в,\quad R = \frac{1\,000\,(U - 105)}{I_н + (10 \div 20)},\quad P_R = \frac{(U - 105)^2}{R}.$$

Для СГ4С и СГ1П:

$$U = 190 \div 300 \ в; \ R = \frac{1\,000\,(U - 150)}{I_н + (10 \div 20)}, \ P_R = \frac{(U - 150)^2}{R}.$$

Пример расчета. *Дано*: $U = 200$ *в*; $I_н = 10$ *ма*.

Выбираем лампу типа СГ4С.

По рекомендуемым пределам тока через лампу (см. стр. 390) принимаем его равным 15 *ма*. Чем больше колебание напряжения, тем большим (в указанных пределах) берется этот ток. Сопротивление

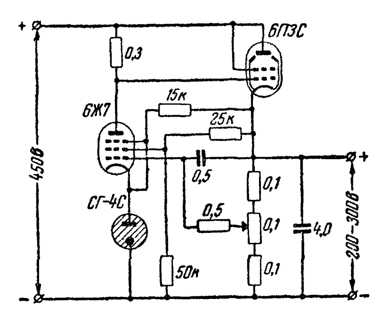
$$R = \frac{1\,000\,(200 - 150)}{10 + 15} = 2\,000 \ ом.$$

Мощность, рассеиваемая на этом сопротивлении,

$$P_R = \frac{(200 - 150)^2}{2\,000} \ 1{,}25 \ вт.$$

Электронные стабилизаторы напряжения

Эти устройства используются также для стабилизации выпрямленного напряжения, причем коэффициент стабилизации у них выше (не-



Практическая схема электронного стабилизатора напряжения.

сколько десятков), чем у газовых стабилизаторов, а величина тока нагрузки принципиально не ограничена и зависит от примененной регулирующей лампы. Кроме того, схема электронного стабилизатора позволяет по желанию изменять в достаточно широких пределах величину выходного напряжения.

Приводим одну из практических схем электронного стабилизатора напряжения со всеми необходимыми данными.

ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

12-1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

Условные обозначения современных отечественных электровакуумных приборов состоят из четырех элементов.

Первый элемент обозначения

Для приемно-усилительных ламп — число, указывающее напряжение накала в вольтах (округленно).

Для генераторных УКВ ламп — буквы ГУ.

Для электронно-лучевых приемных и осциллографических трубок — число, указывающее диаметр или диагональ экрана в сантиметрах.

Для стабилитронов (газонаполненных стабилизаторов напряжения) — буквы СГ.

Для бареттеров (стабилизаторов тока) — число, указывающее ток стабилизации в амперах (по новому ГОСТ — буквы СТ).

Второй элемент обозначения

Для приемно-усилительных ламп — буква, характеризующая тип лампы:

диоды	Д
двойные диоды	Х
триоды	С
двойные триоды	Н
триоды с одним или двумя диодами	Г
пентоды экранированные с удлиненной характеристикой	К
пентоды экранированные с короткой характеристикой	Ж
частотопреобразовательные лампы с двумя управляющими сетками	А
выходные пентоды и лучевые тетроды	П
пентоды с одним или двумя диодами	Б
индикаторы настройки	Е
кенотроны	Ц
триод-пентоды	Ф
триод-гексоды и триод-гептоды	И

Для осциллографических трубок и кинескопов с электростатическим отклонением луча — буквы ЛО.

Для осциллографических трубок с электромагнитным отклонением луча — буквы ЛМ.

Для кинескопов с электромагнитным отклонением луча — буквы ЛК.

Для стабилитронов — число, указывающее порядковый номер типа прибора.

Для бареттеров — буква Б (по новому ГОСТ — номер типа).

Генераторные лампы второго элемента в условном обозначении не имеют.

Третий элемент обозначения

Для приемно-усилительных и генераторных ламп и электронно-лучевых трубок — число, указывающее порядковый номер типа прибора.

Для стабилитронов — буква, имеющая такое же значение, как четвертый элемент для приемно-усилительных ламп.

Для бареттеров — два числа, разделенные тире (—), указывающие напряжение начала и конца стабилизации в вольтах (по новому ГОСТ — буква, как и у стабилитронов).

Четвертый элемент обозначения

Для приемно-усилительных ламп — буква, характеризующая конструктивное оформление лампы, а именно:

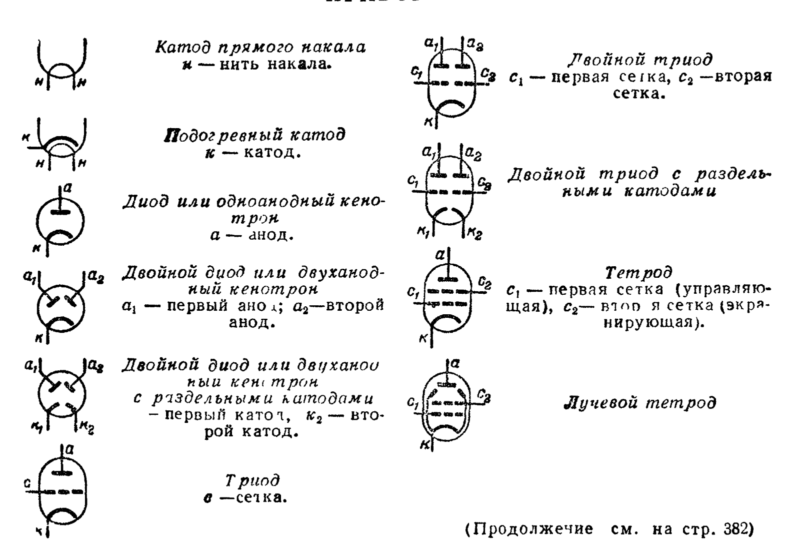
лампа в металлическом баллоне . . . . без обозначения
лампа в стеклянном баллоне . . . . С
лампа пальчиковая . . . . П
сверхминиатюрная лампа диаметром 10 *мм* . . . . . . Б
то же диаметром 6 *мм* . . . . А
лампа типа „жолудь" . . . . Ж
лампа с замком на ключе . . . . Л
лампа с дисковыми выводами . . . . Д

Для электронно-лучевых трубок может быть введена буква, обозначающая тип фосфора, применяемого для экрана.

Для других приборов четвертый элемент не используется.

Для некоторых ламп старых выпусков сохранены прежние наименования.

12-2. СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ



(Продолжение см. на стр. 382)

12-3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

Диоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
6Д3Д	—
6Д4Ж	9004
6Д6А	6Д1А

Двойные диоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
6Х2П	6Х2П
6Х6С	6Х6М
12Х3С	—

Триоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
2С4С	2А3
4С3С	—
6С1Ж	955
6С1П	9002
6С2П	—
6С2С	6Ж5
6С3Б	—
6С4С	6В4
6С5Д	—
6С5	6С5
6С6Б	6С1Б
6С7Б	6С2Б
—	УО-186

Двойные триоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
1Н3С	1Н1
6Н1П	—
6Н2П	—
6Н3П	—
6Н4П	—
6Н6П	—
6Н5С	6Н11
6Н7С	—
6Н8С	6Н8М
6Н9С	6Н9М
6Н15П	6Н15, 6J6

Двойные диод-триоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
6Г1	6SR7
6Г2	6SQ7
6Г7	6Г7
12Г1	12SR7
12Г2	12SQ7

Лучевые тетроды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
2П1П	—
2П2П	—
6П1П	—
6П3С	6П3
6П6С	6V6
6П7С	6П7
6П13С	—
—	2П9М
—	30П1С
—	Г-807

Пентоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
06Ж6Б	—
06П2Б	—
1К1П	—
1П2Б	—
1П3Б	—
1П4Б	—
2Ж27Л	—
2Ж27П	—
4Ж1Л	—
4Ж5С	—
6Ж1Б	—
6Ж1Ж	954
6Ж1П	6АК5
6Ж2Б	—
6Ж2П	—
6Ж3	6SH7
6Ж3П	6АЖ5
6Ж4	6АС7
6Ж4П	—
6Ж5П	—
6Ж6С	Z-62D
6Ж7	6Ж7
6Ж8	6SJ7
6К1Ж	950
6К1П	Л-104
6К3	6SK7
6К4	6SG7
6К4П	6К2П
6К7	6К7
6К9С	6К9М
6П9	6АГ7
6П13С	—
6П14П	—
6П15П	—
12Ж1Л	—
12Ж8	12SJ7
12К3	12SK7
12К4	12SG7
—	2Ж2М
—	2К2М
—	4Ф6С
—	6Ф6С

Диод-пентоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
1Б1П	—
1Б2П	—

Двойные диод-пентоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
6Б2П	Л-100
6Б8С	6Б8М

Гептоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
1А1П	—
1А2П	—
6А2П	Л-99
6А7	6SA7
6А8	6А8
6А10С	6А10
—	6Л7
—	СО-242

Триод-пентоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
6Ф1П	—

Триод-гептоды

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
6И1П	—

Индикаторы настройки

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
6Е1П	—
6Е5С	6Е5

Кенотроны

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
1Ц1С	1Ц1
1Ц7С	1ВД2
1Ц11П	—
2Ц2С	2Х2/879
5Ц3С	5U4G
—	5Ц4М
5Ц4С	5Ц4С
5Ц8С	—
5Ц9С	—
6Ц4П	6Х4П
6Ц5С	6Х5С
6Ц10П	—
30Ц6С	30Ц6С
—	30Ц1М

Стабилитроны

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
СГ1П	—
СГ2П	—
СГ2С	75С5-30
СГ3С	105С5-30
СГ4С	150С5-30
СГ5Б	—

Бареттеры

Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
—	0,24Б12-18
—	0,3Б17-35
—	0,3Б65-135
—	0,425Б5,5-12
—	0,85Б5,5-12
—	1Б5-9
—	1Б10-17

Осциллографические трубки

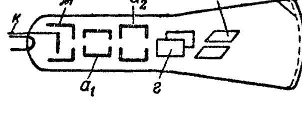
Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
5ЛО38	ЛО-738
7ЛО55	
8ЛО29	ЛО-729
13ЛО36	ЛО-736
13ЛО37	ЛО-737

Кинескопы

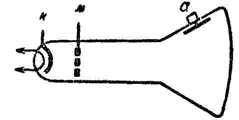
Обозначение по ГОСТ 5461-56	Прежнее обозначение
18ЛК4Б	—
18ЛК5Б	—
18ЛК15	ЛК-715А
18Л[illegible]0Б	ЛК-740
23ЛК1Б	—
31ЛК2Б	—
35ЛК2Б	—
40ЛК1Б	—
43ЛК2Б	—
53ЛК2Б	—

Продолжение § 12-2.





Осциллографическая трубка
к — катод; *м* — модулятор; *а* — первый анод; a_2 — второй анод; *г* — горизонтально отклоняющие пластины; *в* - вертикально отклоняющие пластины; *э* — экран.



Кинескоп
к — катод; *м* — модулятор; *а* — анод.

12-4. КОНСТРУКЦИИ ЛАМП

Обычные лампы содержат одну ламповую систему в баллоне (диод, триод, пентод и т. д.).

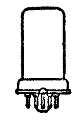
Двойные лампы содержат две одинаковые ламповые системы в баллоне (двуханодный кенотрон, двойной диод, двойной триод и т. п.).

Комбинированные лампы содержат в одном баллоне несколько различных ламповых систем, имеющих обычно общий катод (диод-триод, двойной диод-триод, диод-пентод и т. п.).

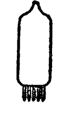
Лампы прямого накала — лампы, у которых нить накала является одновременно источником электронов — катодом.

Лампа косвенного накала (подогревные) — лампы, у которых катод, излучающий электроны, отделен от нити накала изолирующим слоем. Нить накала выполняет только роль подогревателя катода. Поверхность катода покрыта специальным составом, содержащим окислы (оксиды) бария, кальция и стронция. Благодаря это-

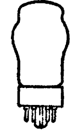
му катод способен давать большую электронную эмиссию при относительно невысокой температуре (600 — 700° С) и, следовательно, малой затрате мощности на его разогрев. Перекал катода, т. е. работа при повышенном напряжении накала, приводит к постепенной потере эмиссии и сокращению срока службы лампы, а недокал, т. е. работа при пониженном напряжении накала, опасен в случае, если одновременно поддерживается высокое анодное напряжение, так как это приводит к ускоренному разрушению активного слоя на поверхности катода.



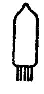
Металлические лампы — баллон металлический, цоколь из пластмассы, восьмиштырьковый с направляющим ключом в центре.



Пальчиковые лампы—цельностеклянные, выводные штырьки укреплены непосредственно в стеклянном дне лампы



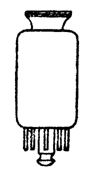
Стеклянные лампы — баллон стеклянный, цоколь из пластмассы, восьмиштырьковый, с направляющим ключом в центре



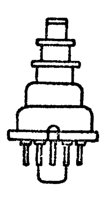
Сверхминиатюрные лампы — цельностеклянные со сплюснутым баллоном, выводы от электронов выполнены в виде мягких проводников, выходящих из стеклянной ножки лампы.



Лампы типа „жолудь" — цельностеклянные, выводы от электродов выполнены в виде жестких штырьков, выходящих наружу через утолщенный поясок, идущий вокруг баллона, а также через верхнюю и нижнюю части баллона.

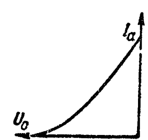


Лампы с замком на ключе — баллон стеклянный, цоколь (он же экран) металлический с направляющим ключом в центре на конце ключа замок в виде кольцевой выемки, захватываемой пружиной в ламповой панельке.

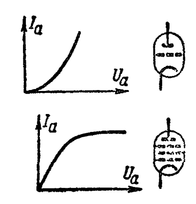


Лампы с дисковыми выводами (так называемые „маячковые") — баллон стеклянный цоколь пластмассовый восьмиштырькового типа с направляющим ключом в центре выводы от электродов выполнены в виде металлических дисков, впаянных в ступенчатый баллон.

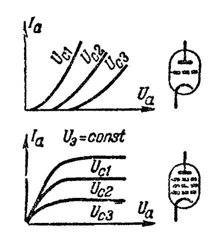
12-5 ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАМП



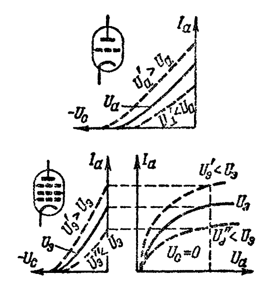
Анодно-сеточная характеристика показывает, как изменяется анодный ток лампы в зависимости от изменения напряжения на управляющей сетке, если напряжение на аноде и остальных электродах поддерживается постоянным.



Анодная характеристика выражает зависимость анодного тока лампы от напряжения на ее аноде, если напряжение на управляющей сетке (смещение) и остальных электродах поддерживается постоянным. Анодные характеристики пентодов и лучевых тетродов отличаются по форме от характеристик триодов.



Семейство анодных характеристик — несколько анодных характеристик лампы, отличающихся тем, что каждая из них снята при другом значении напряжения смещения на сетке. Семейство анодных характеристик позволяет произвести графически ряд расчетов для усилительного каскада (определить наивыгоднейшую величину сопротивления нагрузки, по ней считать усиление, выходную мощность, нелинейные искажения и т. д.).



Влияние анодного и экранного напряжений на положение характеристик. Положение анодно-сеточной характеристики у **триода** определяется анодным напряжением. Положение анодно-сеточных и анодных характеристик **пентода** и **лучевого тетрода** определяется главным образом экранным напряжением. Влияние анодного напряжения крайне незначительно.

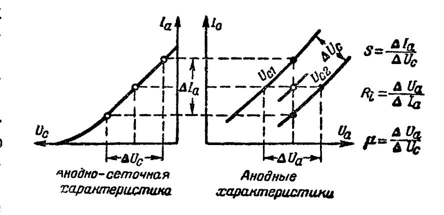
12-6 ПАРАМЕТРЫ ЛАМП

Крутизна характеристики S показывает, на сколько миллиампер изменяется анодный ток лампы при изменении напряжения управляющей сетки на 1 *в* при неизменном напряжении на аноде и остальных сетках (у многоэлектродных ламп). Выражается в миллиамперах на вольт (*ма/в*). При наличии нагрузки в анодной цепи изменение анодного тока будет меньше и действительная величина крутизны в таких условиях (динамическая крутизна) меньше S.

$S = \frac{\mu}{R_i}$	
$\frac{S R_i}{\mu} = 1$	
$R_i = \frac{\mu}{S}$	$\mu = S R_i$
S = *ма/в*, R_i = *ком*	

Внутреннее сопротивление R_i показывает, на сколько вольт надо изменить напряжение на аноде лампы, чтобы ее анодный ток изменился на 1 *ма* при неизменном напряжении на управляющей сетке и остальных сетках (у многоэлектродных ламп). Выражается

для приемно-усилительных ламп в килоомах и характеризует внутреннее сопротивление лампы как генератора переменного тока.



Коэффициент усиления μ показывает, во сколько раз действие на анодный ток одного вольта сеточного напряжения эффективнее действия одного вольта анодного напряжения. Величина μ указывает предельное значение усиления по напряжению, которое могло бы быть получено при бесконечно большом сопротивлении нагрузки, когда внутренним сопротивлением лампы можно было бы пренебречь

Крутизна преобразования S_n — параметр, приводимый для частотопреобразовательных ламп и показывающий величину тока промежуточной частоты (в миллиамперах), который создается в анодной цепи лампы при подаче на ее управляющую сетку сигнала с напряжением 1 *в*.

Входное активное сопротивление лампы

$$R_{вх}=\frac{k}{f^2}\ Мом,$$

где f — частота, *Мгц*, а k — коэффициент, приведенный в таблице.

Лампа	k	Лампа	k
6А7	12,5	6Ж8	20
6Ж1Ж	75	6К1П	24
6Ж1П	60	6К3	20
6Ж2П	36	6К4	10
6Ж3	13	6Г19	3
6Ж3П	36	6С1Ж	164
6Ж4	7,5	6С1П	185

Эквивалентное шумовое сопротивление лампы $R_ш$ — сопротивление, на концах которого при комнатной температуре получается напряжение шумов, равное напряжению шумов лампы, пересчитанному в цепь сетки.

Для триодов

$$R_ш\approx\frac{2,5\div3}{S}\ ком,$$

а для пентодов

$$R_ш\approx\frac{I_a}{I_a+I_э}\left(\frac{2,5}{S}+20\frac{I_э}{S^2}\right)\ ком,$$

где S — крутизна, *ма/в*, I_a и $I_э$ — анодный и экранный токи, *ма*.

Значения $R_ш$ для некоторых ламп

Лампа	$R_ш$ ом	Лампа	$R_ш$ ом	Лампа	$R_ш$, ом
6Б8С	4 060	6Ж4	700	6К3	11 100
6Ж1Ж	5 310	6Ж4 (триодом)	220	6К4	3 720
6Ж1П	1 880			6Н8С	960
6Ж1П (триодом)	380	6Ж4П	3 710	6Н15П	470
		6Ж6С	510	6П9	1 160
6Ж2П	5 180	6Ж8	6 1 0	6С1Ж	1 130
6К3П	1 630	6К1П	13 280	6С1П	1 130

12-7. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

Параметры и цифровые данные режимов работы ламп приводятся ниже вместе с изображением их цоколевки В числителе указывается напряжение на данном электроде относительно катода в вольтах, в знаменателе — ток в амперах или миллиамперах Для ламп требующих автоматического смещения, у вывода катода указывается величина сопротивления в катоде У двойных триодов значение параметров приводится для одного триода

Для электронно-лучевых трубок напряжение на электродах указывается таким же образом, причем для модулятора (первая сетка на чертеже) указывается величина запирающего отрицательного напряжения

Нумерация штырьков (внешних выводов) соответствует виду на цоколь лампы снизу

Все лампы расположены в порядке нумерации их условных наименований

Сокращения и условные обозначения

в ч. — высокая частота,
у. в ч. — ультравысокая частота,
н. ч. — низкая частота,
S — крутизна характеристики, *ма/в*,
$S_п$ — крутизна преобразования, *ма/в*,
$S_г$ — крутизна гетеродинной части лампы *ма/в*;
R_i — внутреннее сопротивление, *ком*,
μ — коэффициент усиления
R_a — сопротивление нагрузки *ком*
P_a — максимально допустимая мощность, рассеиваемая на аноде, *вт*,

$P_{вых}$ — полезная мощность (получающаяся при допустимой величине коэффициента нелинейных искажений), *вт*;

$C_{а\text{-}к}$ — емкость анод-катод у диодов, *пф*;

$C_{вх}$ — входная емкость (сетка-катод у триодов и сетка-катод, экран и защитная сетка у пентодов), *пф*;

$C_{вых}$ — выходная емкость (анод-катод у триодов и анод-катод, экран и защитная сетка у пентодов), *пф*;

$C_{пр}$ — проходная емкость (управляющая сетка-анод), *пф*;

$U_{обр}$ — наибольшая амплитуда обратного напряжения между анодом и катодом, *в*;

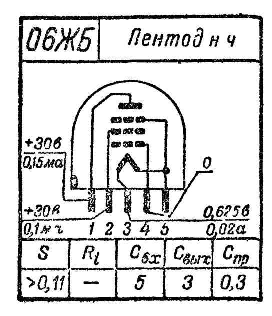
I_m — наибольший импульс выпрямленного тока (на один анод), *ма*;

$I_в$ — выпрямленный ток (на один анод), *ма*;

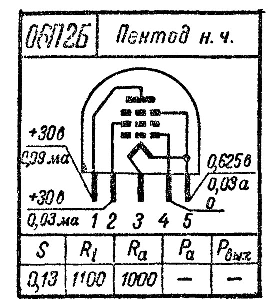
$U_з$ — напряжение зажигания, *в*;

$U_{ст}$ — напряжение стабилизации (у стабилизаторов тока — начало и конец стабилизации), *в*;

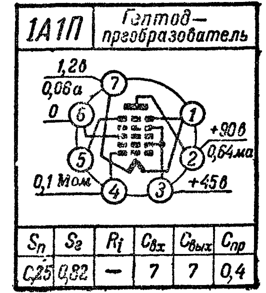
$I_{ст}$ — ток стабилизации, *ма*.



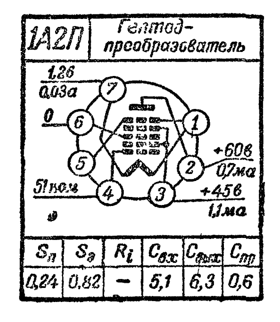
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
>0,11	—	5	3	0,3



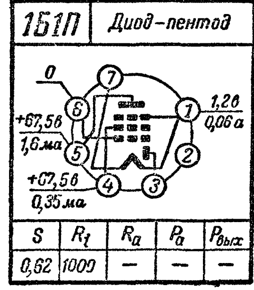
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,13	1100	1000	—	—



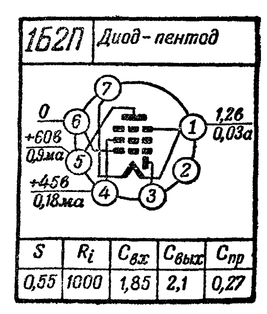
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,25	0,82	—	7	7	0,4



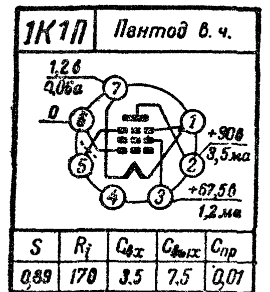
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,24	0,82	—	5,1	6,3	0,6



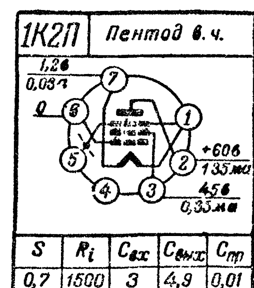
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,62	1000	—	—	—



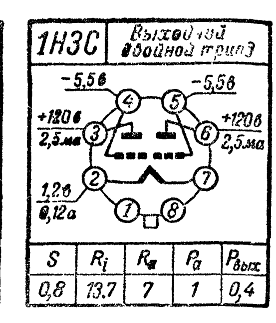
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,55	1000	1,85	2,1	0,27



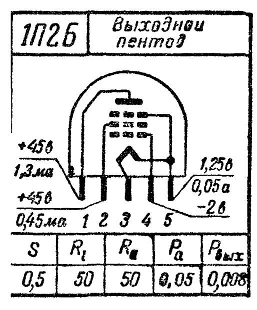
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,89	170	3,5	7,5	0,01



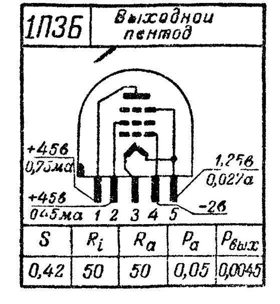
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,7	1500	3	4,9	0,01



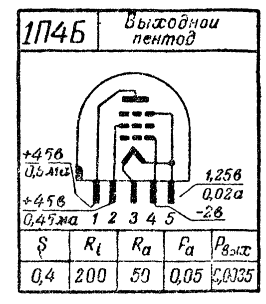
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,8	13,7	7	1	0,4



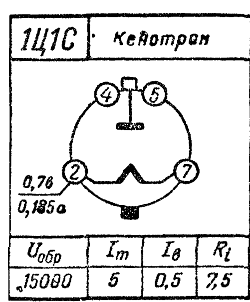
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,5	50	50	0,05	0,008



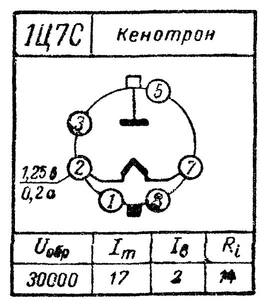
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,42	50	50	0,05	0,0045



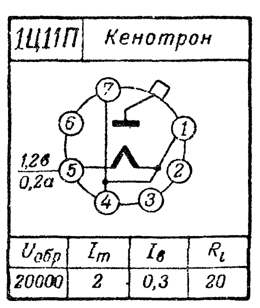
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
0,4	200	50	0,05	0,0035



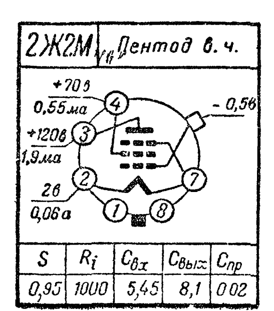
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
15000	5	0,5	7,5



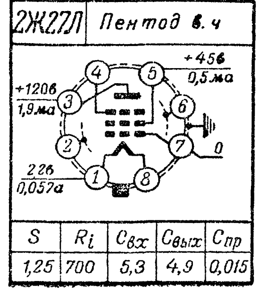
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
30000	17	2	14



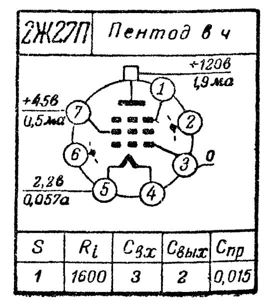
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
20000	2	0,3	20



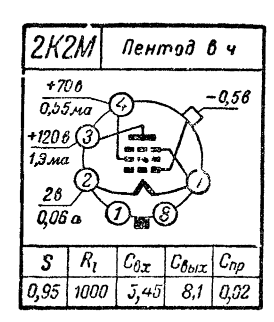
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,95	1000	5,45	8,1	0,02



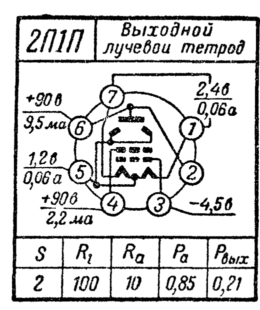
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,25	700	5,3	4,9	0,015



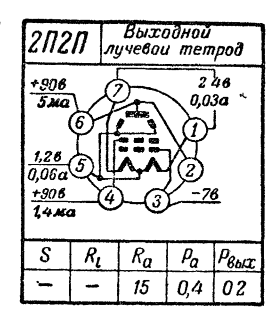
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1	1600	3	2	0,015



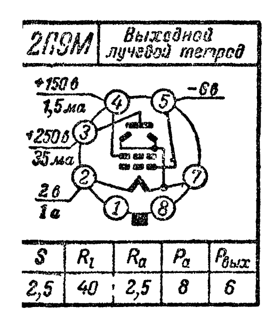
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,95	1000	5,45	8,1	0,02



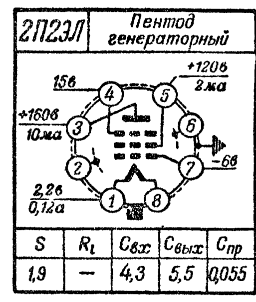
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2	100	10	0,85	0,21



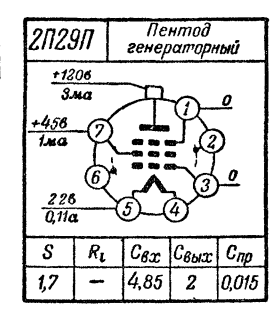
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
—	—	15	0,4	0,2



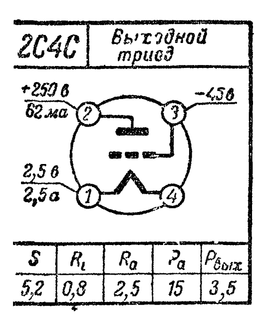
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,5	40	2,5	8	6



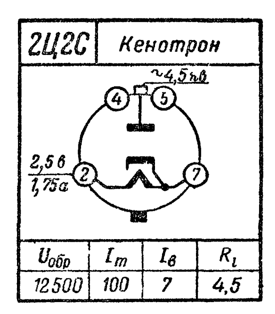
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,9	—	4,3	5,5	0,055



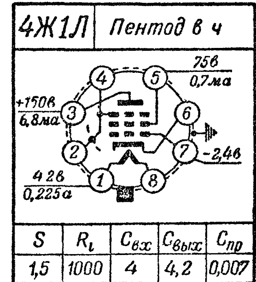
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,7	—	4,85	2	0,015



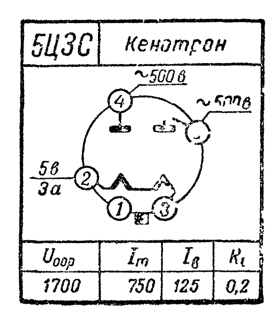
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,2	0,8	2,5	15	3,5



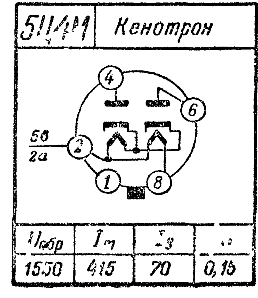
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
12500	100	7	4,5



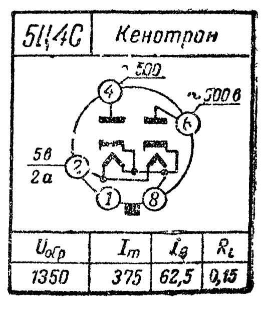
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,5	1000	4	4,2	0,007



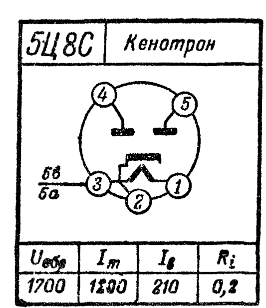
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
1700	750	125	0,2



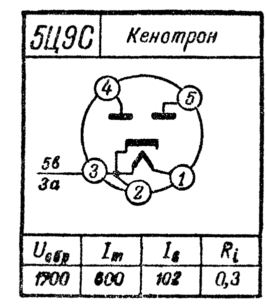
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
1550	415	70	0,15



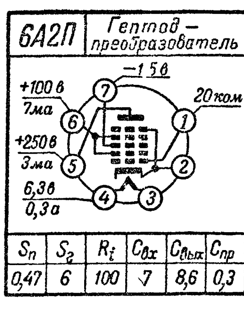
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
1350	375	62,5	0,15



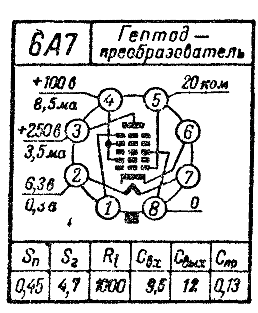
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
1700	1200	210	0,2



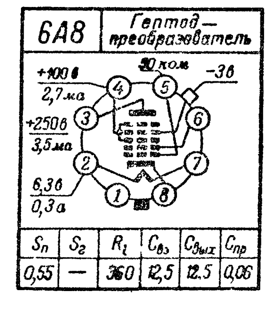
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
1700	600	102	0,3



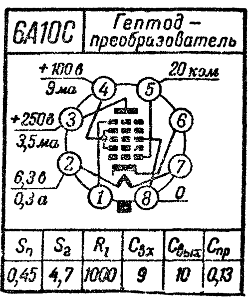
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,47	6	100	7	8,6	0,3



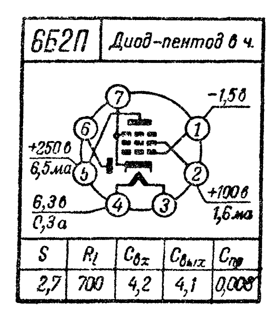
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,45	4,7	1000	9,5	12	0,13



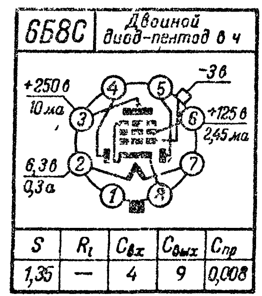
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,55	—	360	12,5	12.5	0,06



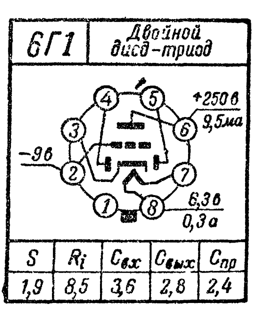
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,45	4,7	1000	9	10	0,13



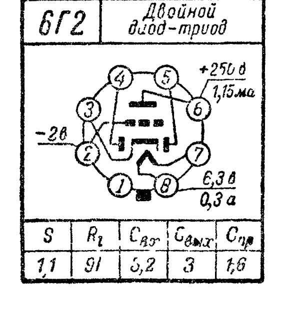
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2,7	700	4,2	4,1	0,008



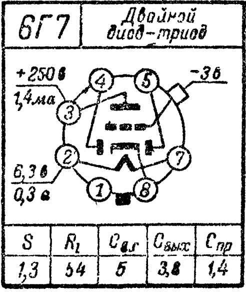
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,35	—	4	9	0,008



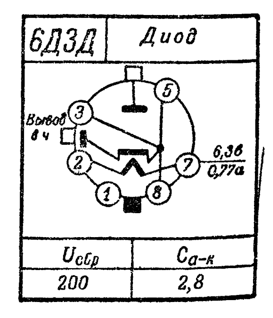
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,9	8,5	3,6	2,8	2,4



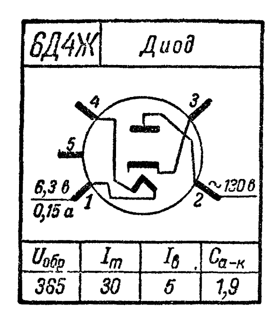
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,1	91	3,2	3	1,6



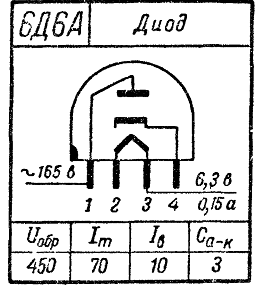
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,3	54	5	3,8	1,4



$U_{обр}$	$C_{а-к}$
200	2,8



$U_{обр}$	I_m	$I_в$	$C_{а-к}$
365	30	5	1,9

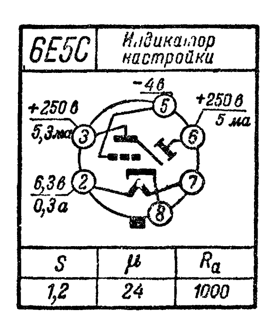


$U_{обр}$	I_m	$I_в$	$C_{а-к}$
450	70	10	3

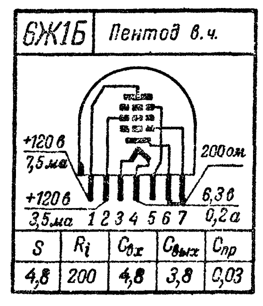
6Е1П	Индикатор настройки

250 в, 4 ма; 100 в, 2 ма; −2 в; 6,3 в, 0,3 а

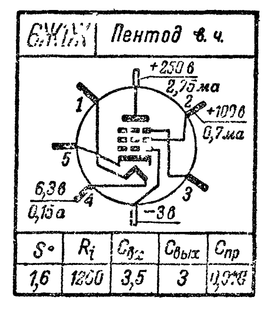
S	μ	$R_а$
0,5	24	1000



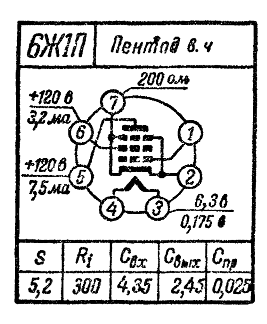
S	μ	$R_а$
1,2	24	1000



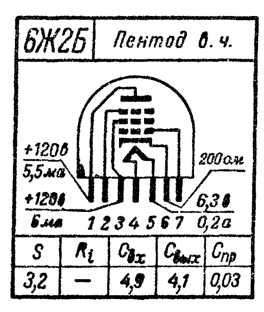
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,8	200	4,8	3,8	0,03



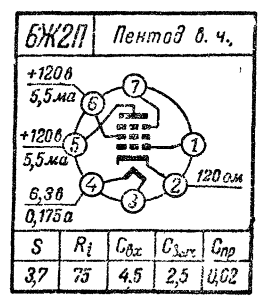
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,6	1200	3,5	3	0,008



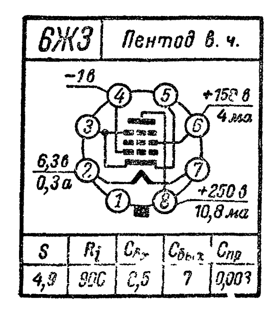
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
5,2	300	4,35	2,45	0,025



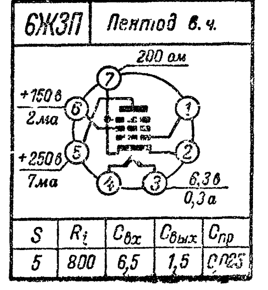
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
3,2	—	4,9	4,1	0,03



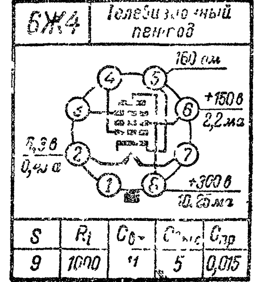
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
3,7	75	4,5	2,5	0,02



S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,9	900	6,5	7	0,003

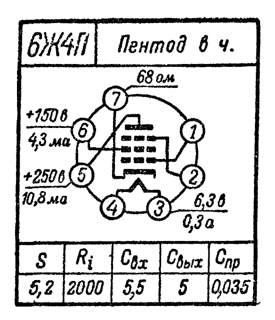


S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
5	800	6,5	1,5	0,025



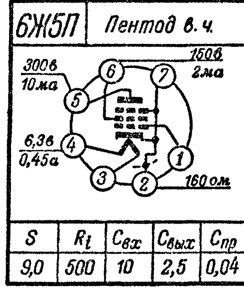
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
9	1000	11	5	0,015

6Ж4П — Пентод в. ч.



S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
5,2	2000	5,5	5	0,035

6Ж5П — Пентод в. ч.



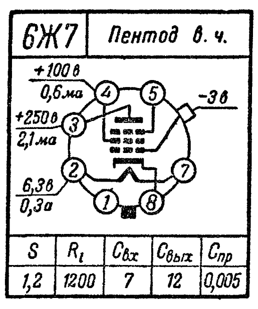
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
9,0	500	10	2,5	0,04

6Ж6С — Пентод в. ч.

+100 в
2,5 ма
−2,4 в
+250 в
10 ма
6,3 в
0,5 а

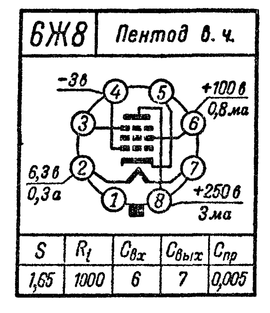
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
7,5	2000	9,5	6,25	0,03

6Ж7 — Пентод в. ч.



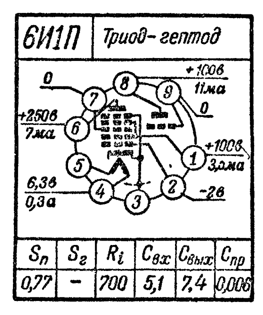
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,2	1200	7	12	0,005

6Ж8 — Пентод в. ч.



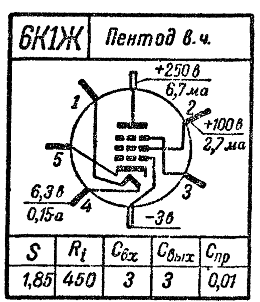
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,65	1000	6	7	0,005

6И1П — Триод-гептод



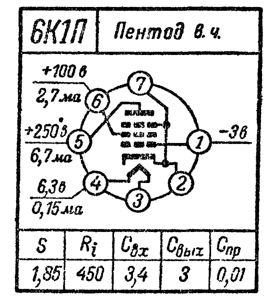
$S_п$	$S_г$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,77	−	700	5,1	7,4	0,006

6К1Ж — Пентод в. ч.



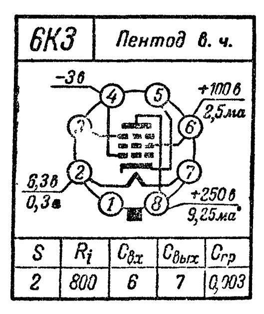
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,85	450	3	3	0,01

6К1П — Пентод в. ч.



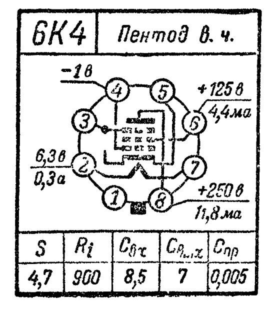
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,85	450	3,4	3	0,01

6К3 — Пентод в. ч.



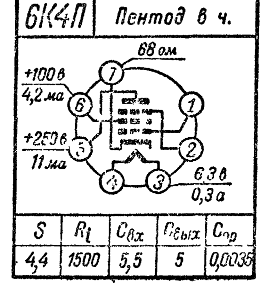
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{гр}$
2	800	6	7	0,003

6К4 — Пентод в. ч.



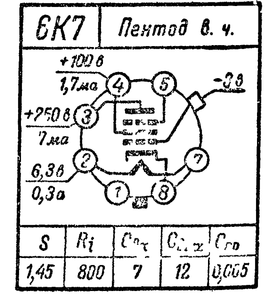
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,7	900	8,5	7	0,005

6К4П — Пентод в. ч.



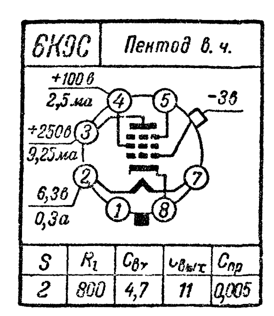
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,4	1500	5,5	5	0,0035

6К7 — Пентод в. ч.



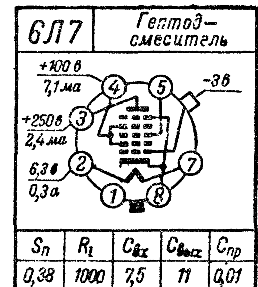
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{гр}$
1,45	800	7	12	0,005

6К9С — Пентод в. ч.



S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2	800	4,7	11	0,005

6Л7 — Гептод-смеситель



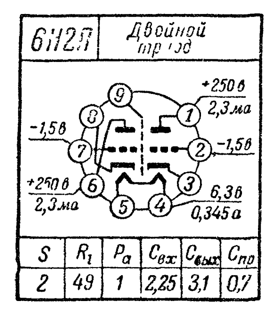
$S_п$	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,38	1000	7,5	11	0,01

6Н1П — Двойной триод

600 ом
+250 в
7,5 ма
600 ом
+250 в
7,5 ма
6,3 в
0,6 а

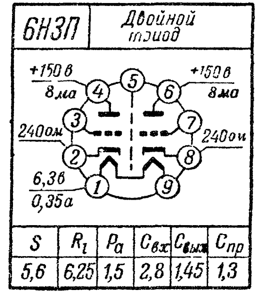
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,35	11	3,1	1,75	2,2

6Н2П — Двойной триод



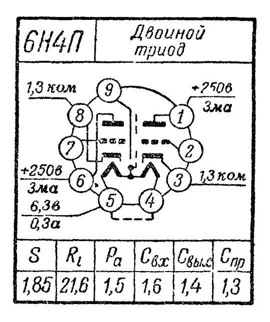
S	R_i	$P_а$	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2	49	1	2,25	3,1	0,7

6Н3П — Двойной триод



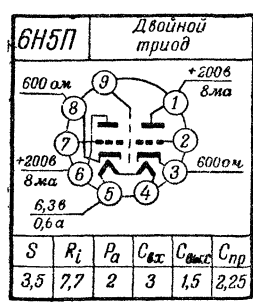
S	R_i	$P_а$	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
5,6	6,25	1,5	2,8	1,45	1,3

6Н4П — Двойной триод



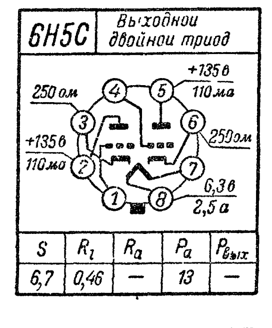
S	R_i	$P_а$	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,85	21,6	1,5	1,6	1,4	1,3

6Н5П — Двойной триод



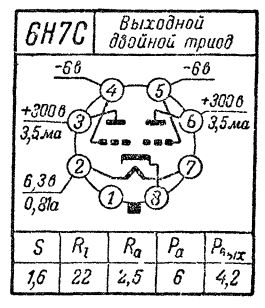
S	R_i	$P_а$	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
3,5	7,7	2	3	1,5	2,25

6Н5С — Выходной двойной триод



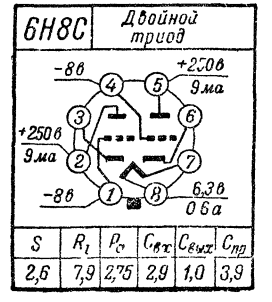
S	R_i	$R_а$	$P_а$	$P_{вых}$
6,7	0,46	—	13	—

6Н7С — Выходной двойной триод



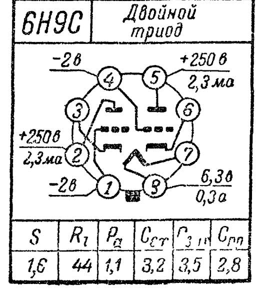
S	R_i	$R_а$	$P_а$	$P_{вых}$
1,6	22	2,5	6	4,2

6Н8С — Двойной триод



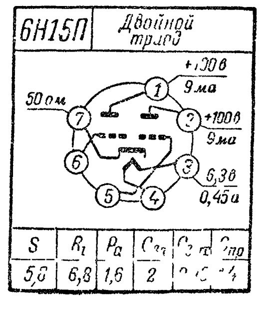
S	R_i	$P_а$	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2,6	7,9	2,75	2,9	1,0	3,9

6Н9С — Двойной триод

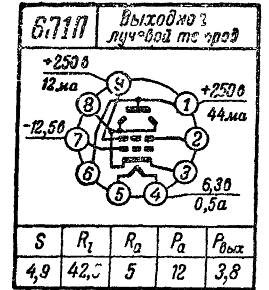


S	R_i	$P_а$	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,6	44	1,1	3,2	3,5	2,8

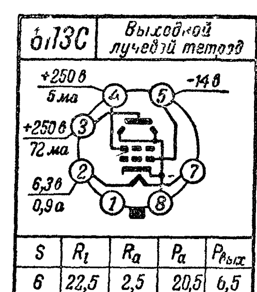
6Н15П — Двойной триод



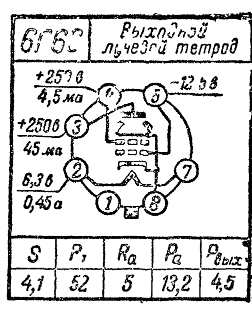
S	R_i	$P_а$	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
[illegible]	6,8	1,6	2	[illegible]	[illegible]



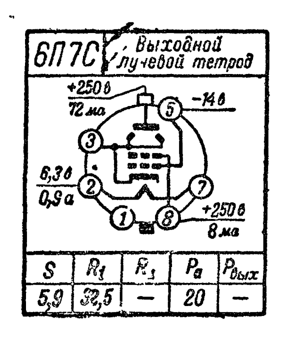
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4,9	42,5	5	12	3,8



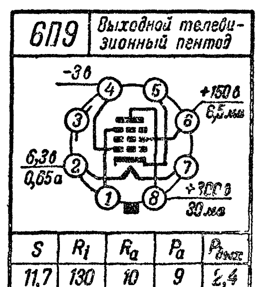
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
6	22,5	2,5	20,5	6,5



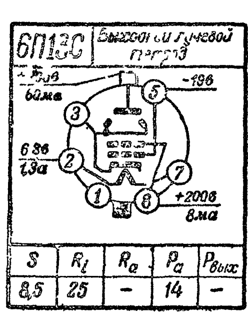
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4,1	52	5	13,2	4,5



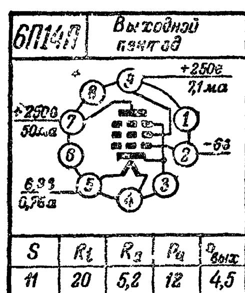
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,9	32,5	—	20	—



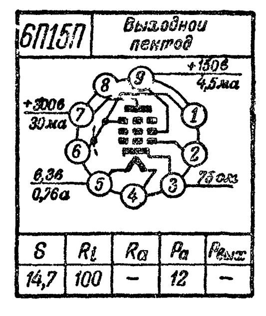
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
11,7	130	10	9	2,4



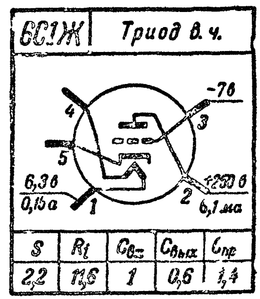
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
8,5	25	—	14	—



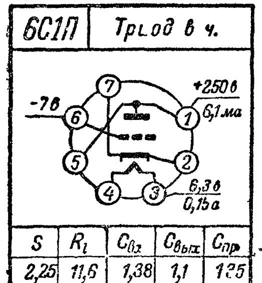
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
11	20	5,2	12	4,5



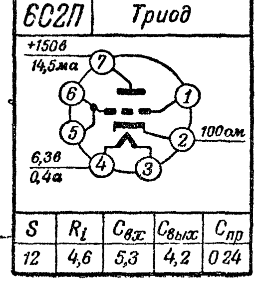
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
14,7	100	—	12	—



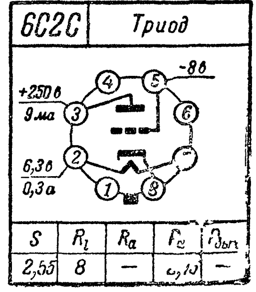
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2,2	11,6	1	0,6	1,4



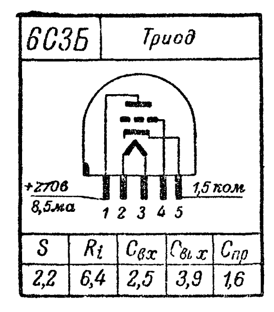
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2,25	11,6	1,38	1,1	1,25



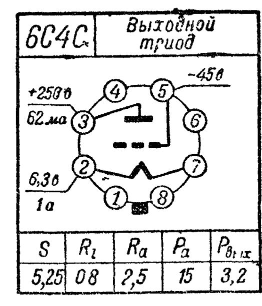
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
12	4,6	5,3	4,2	0,24



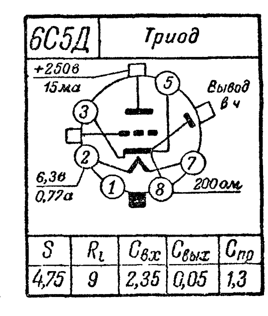
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,55	8	—	[illegible]	—



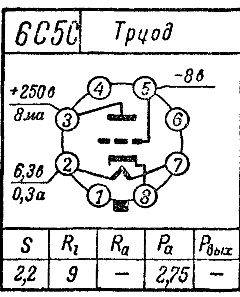
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2,2	6,4	2,5	3,9	1,6



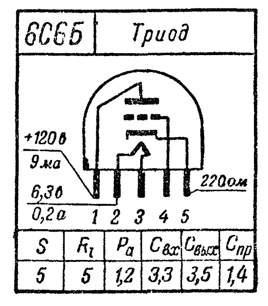
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
5,25	08	2,5	15	3,2



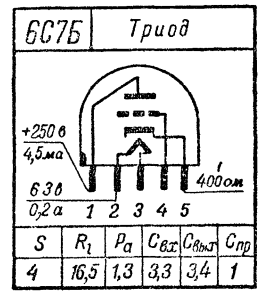
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,75	9	2,35	0,05	1,3



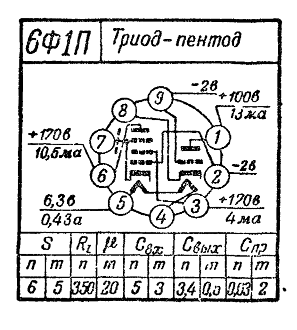
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,2	9	—	2,75	—



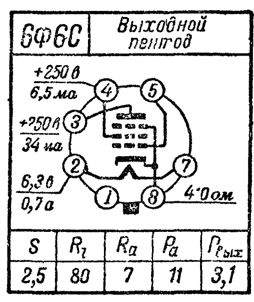
S	R_i	P_a	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
5	5	1,2	3,3	3,5	1,4



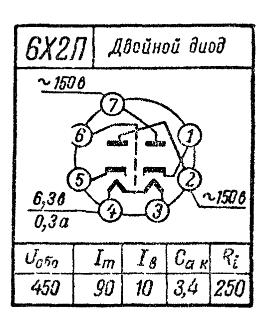
S	R_i	P_a	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4	16,5	1,3	3,3	3,4	1



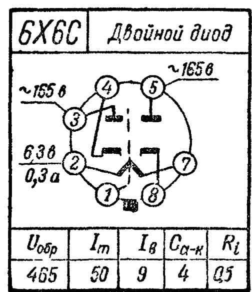
S		R_i	μ	$C_{вх}$		$C_{вых}$		$C_{пр}$	
п	т	п	т	п	т	п	т	п	т
6	5	350	20	5	3	3,4	0,5	0,03	2



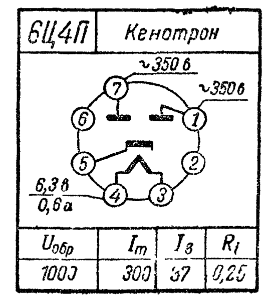
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
2,5	80	7	11	3,1



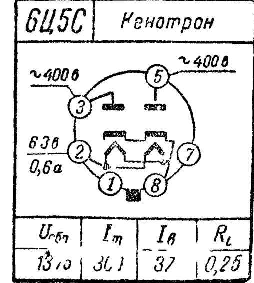
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	$C_{ак}$	R_i
450	90	10	3,4	250



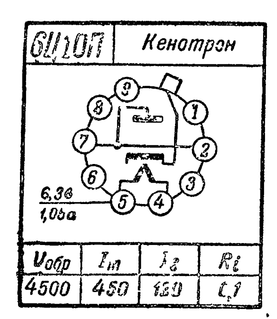
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	$C_{а-к}$	R_i
465	50	9	4	0,5



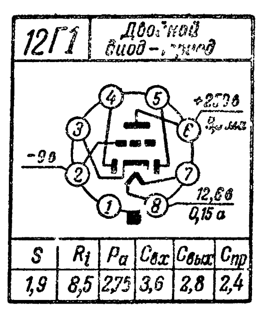
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
1000	300	37	0,25



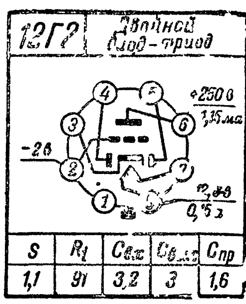
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
[illegible]	[illegible]	37	0,25



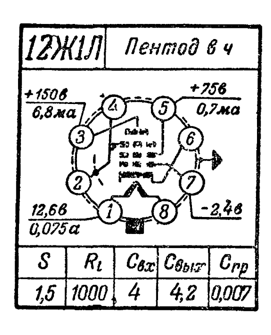
$U_{обр}$	I_{m}	$I_{а}$	R_i
4500	450	120	0,1



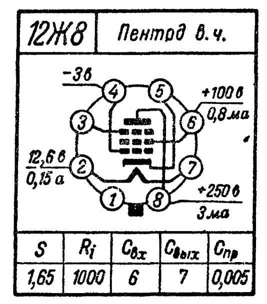
S	R_i	P_a	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,9	8,5	2,75	3,6	2,8	2,4



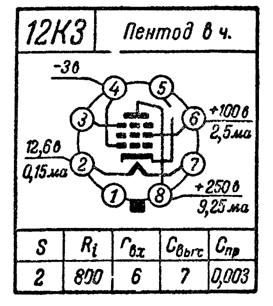
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,1	91	3,2	3	1,6



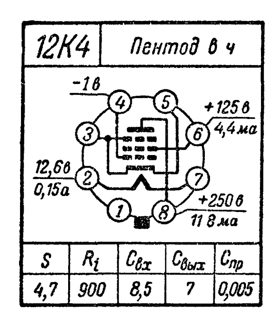
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,5	1000	4	4,2	0,007



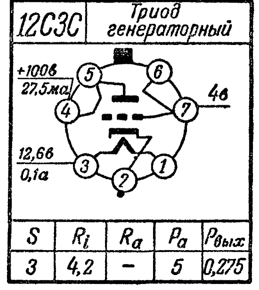
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
1,65	1000	6	7	0,005



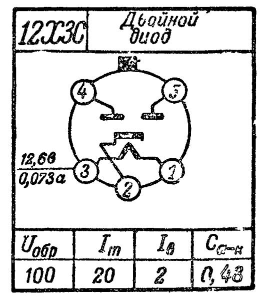
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
2	800	6	7	0,003



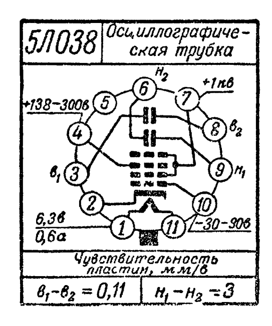
S	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
4,7	900	8,5	7	0,005



S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
3	4,2	–	5	0,275

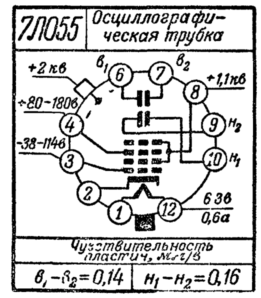


$U_{обр}$	I_{m}	$I_{в}$	$C_{а-н}$
100	20	2	0,43



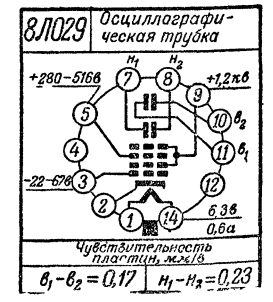
Чувствительность пластин, мм/в

$в_1 - в_2 = 0,11$	$н_1 - н_2 = 3$



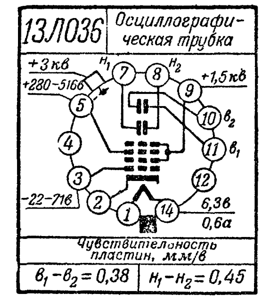
Чувствительность пластин, мм/в

$в_1 - в_2 = 0,14$	$н_1 - н_2 = 0,16$



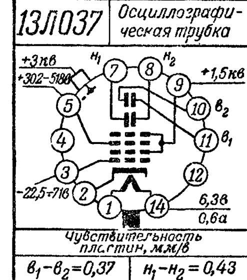
Чувствительность пластин, мм/в

$в_1 - в_2 = 0,17$	$н_1 - н_2 = 0,23$



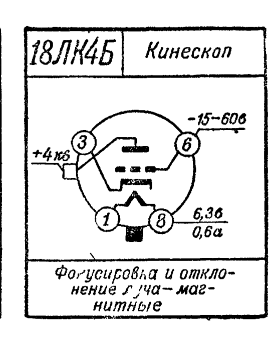
Чувствительность пластин, мм/в

$в_1-в_2=0,38$	$н_1-н_2=0,45$

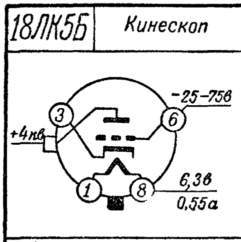


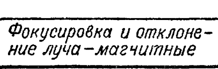
Чувствительность пластин, мм/в

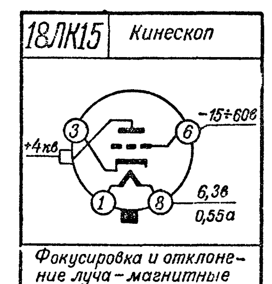
$в_1-в_2=0,37$	$н_1-н_2=0,43$



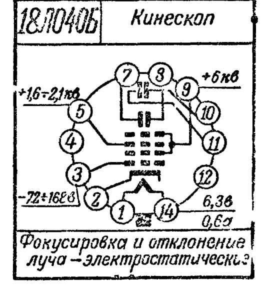
Фокусировка и отклонение луча – магнитные



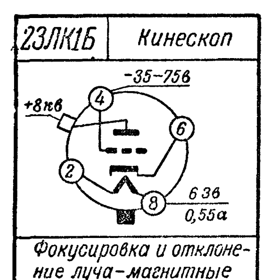

Фокусировка и отклонение луча – магнитные



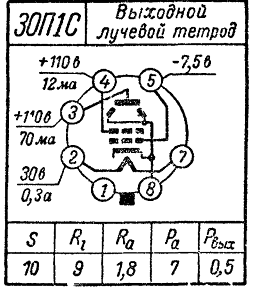
Фокусировка и отклонение луча – магнитные



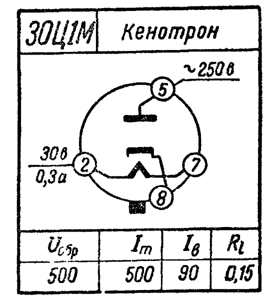
Фокусировка и отклонение луча – электростатические



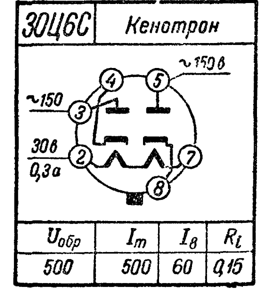
Фокусировка и отклонение луча – магнитные



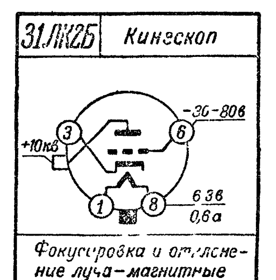
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
10	9	1,8	7	0,5



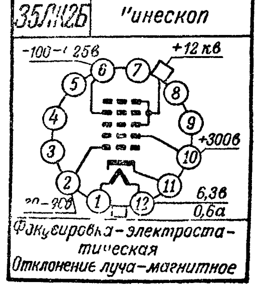
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
500	500	90	0,15



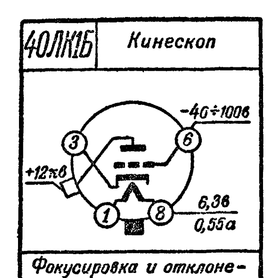
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
500	500	60	0,15

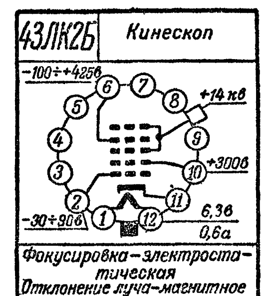


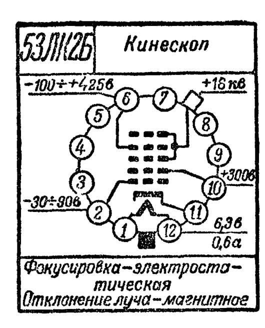
Фокусировка и отклонение луча – магнитные

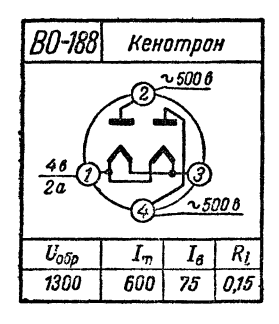


Фокусировка – электростатическая
Отклонение луча – магнитное

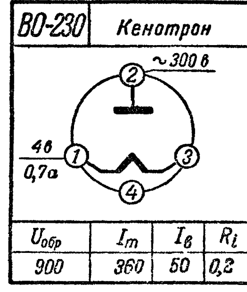




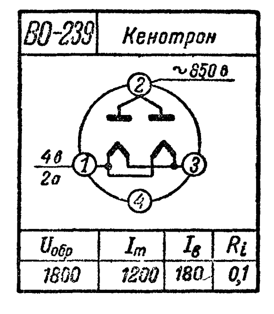




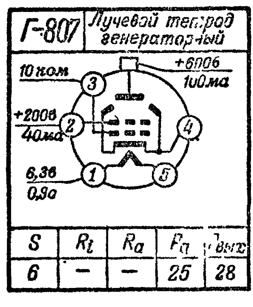
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
1300	600	75	0,15



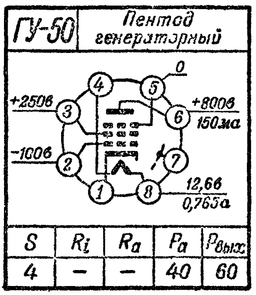
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
900	360	50	0,2



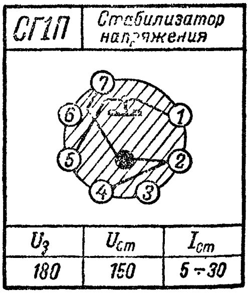
$U_{обр}$	I_m	$I_в$	R_i
1800	1200	180	0,1



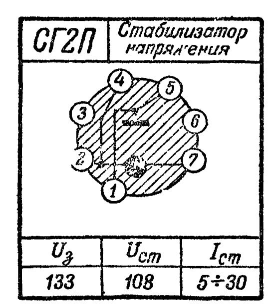
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
6	—	—	25	28



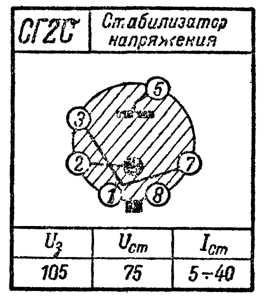
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
4	—	—	40	60



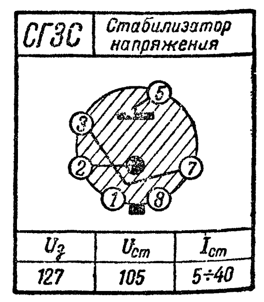
$U_з$	U_{cm}	I_{cm}
180	150	5÷30



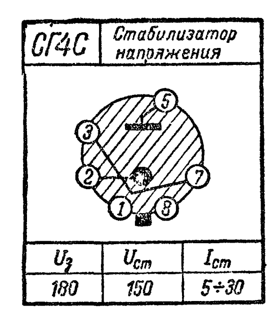
$U_з$	U_{cm}	I_{cm}
133	108	5÷30



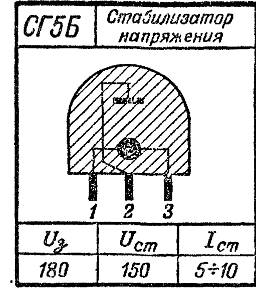
$U_з$	U_{cm}	I_{cm}
105	75	5÷40



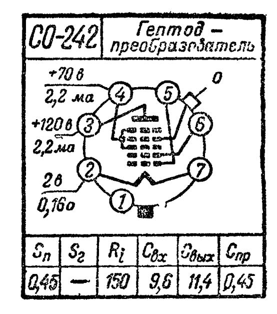
$U_з$	U_{cm}	I_{cm}
127	105	5÷40



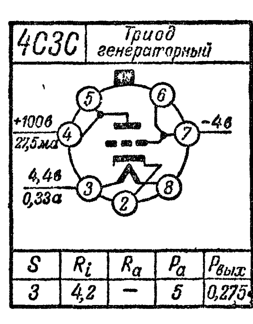
$U_з$	$U_{ст}$	$I_{ст}$
180	150	5÷30



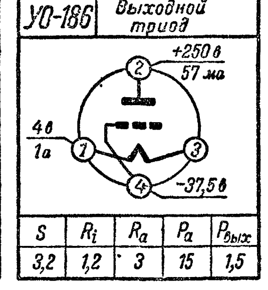
$U_з$	$U_{ст}$	$I_{ст}$
180	150	5÷10



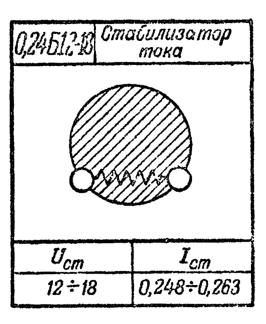
$S_п$	S_2	R_i	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{пр}$
0,45	—	150	9,6	11,4	0,45



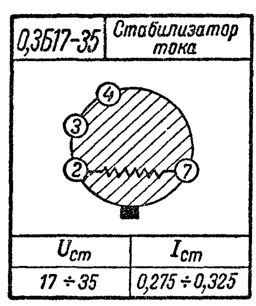
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
3	4,2	—	5	0,275



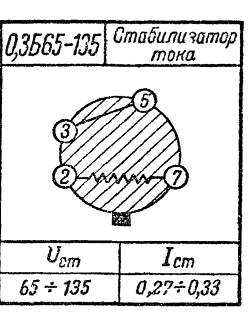
S	R_i	R_a	P_a	$P_{вых}$
3,2	1,2	3	15	1,5



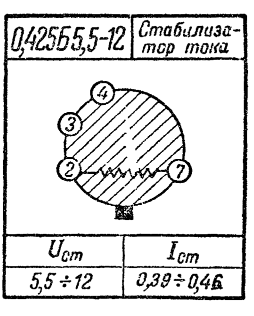
$U_{ст}$	$I_{ст}$
12÷18	0,248÷0,263



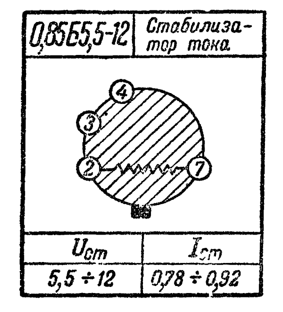
$U_{ст}$	$I_{ст}$
17÷35	0,275÷0,325



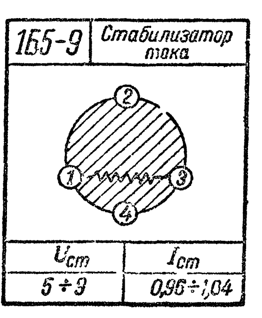
$U_{ст}$	$I_{ст}$
65÷135	0,27÷0,33



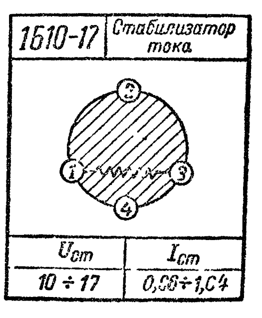
$U_{ст}$	$I_{ст}$
5,5÷12	0,39÷0,46



$U_{ст}$	$I_{ст}$
5,5÷12	0,78÷0,92



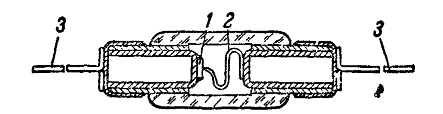
$U_{ст}$	$I_{ст}$
5÷9	0,96÷1,04



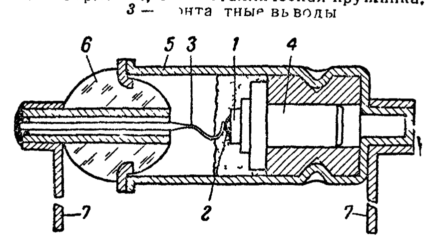
$U_{ст}$	$I_{ст}$
10÷17	0,96÷1,04

12-8. УСТРОЙСТВО И УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

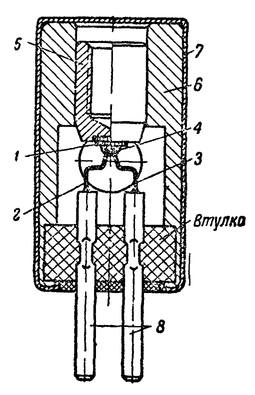
Условные обозначения полупроводниковых приборов состоят из трех элементов



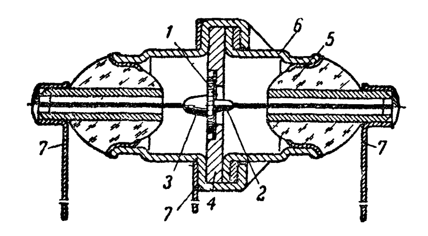
Точечный диод.
1 — германий, 2 — металлическая пружинка, 3 — контактные выводы



Плоскостной диод
1 — германий; 2 — индий, 3 — верхний токосниматель, 4 — нижний токосниматель, 5— корпус, 6 — стеклянный изолятор, 7 — контактные выводы



Точечный триод.
1 — германий (база), 2 — индий (эмитер), 3 — индий (коллектор), 4 — заполнитель, 5 — держатель, 6 корпус, 7 — кожух, 8 — контактные выводы.



Плоскостной триод.
1 — германий (база), 2 — индий (эмитер), 3 — индий (коллектор), 4 — держатель; 5—стеклянный изолятор, 6 — корпус; 7 — контактные выводы.

Первый элемент обозначения — буква Д для диодов [1], С — для точечных триодов и П — для плоскостных триодов.

Второй элемент обозначения — число, указывающее порядковый номер типа прибора

Третий элемент обозначения — буква, обозначающая подтип прибора.

[1] Для диодов ранее применялись трехбуквенные обозначения первая буква — Д (диод), вторая — Г (германиевый) или К (кремниевый) и третья — Ц (выпрямитель).

12-9. ПАРАМЕТРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Параметры полупроводниковых диодов

Наименьший прямой ток $I_{пр\ мин}$ — величина тока через диод, когда к нему приложено постоянное напряжение 1 *в* с полярностью, обозначенной на корпусе.

Наибольший обратный ток $I_{обр.макс}$ — величина тока через диод, когда к нему приложено постоянное напряжение, равное наибольшей амплитуде обратного напряжения. Отрицательный полюс источника напряжения соединяется при этом с положительным выводом диода.

Выпрямленный ток I_0 — среднее значение (постоянная составляющая) тока, который может без вреда для диода длительно проходить через него.

Наибольшая амплитуда обратного напряжения $U_{обр\ макс}$ — амплитуда напряжения, которое без вреда может быть приложено на длительное время к диоду в обратном направлении

Наименьшее обратное пробивное напряжение $U_{проб.мин}$ — значение обратного напряжения, которое может кратковременно выдержать диод. При повышении этого напряжения диод может выйти из строя.

Проходная емкость $C_{пр}$ точечных диодов — не более 1 *пф*. Емкость плоскостных диодов — до 20 *пф*.

Параметры полупроводниковых триодов

Параметры полупроводниковых триодов определяют взаимосвязь переменных составляющих токов и напряжений на входе и выходе при слабых сигналах, когда триод работает в линейном режиме

Параметры четырехполюсника. При любом способе включения триод рассматривают как четырехполюсник, для которого указывают параметры схемы замещения При определении этих параметров переменным составляющим тока и напряжения на входе соответствует индекс 1, а на выходе индекс 2

Наиболее часто применяют системы параметров-сопротивлений холостого хода и так называемых гибридных параметров Зная эти параметры, можно определить все показатели схемы (см стр 195). Численные значения параметров зависят от конкретного способа включения триода

П а р а м е т р ы - с о п р о т и в л е н и я х о л о с т о г о х о д а — применяются как для точечных, так и для плоскостных триодов

R_{11} — входное сопротивление при разомкнутом выходе ($R_{11} = U_1/I_1$ при $I_2=0$)

R_{22} — выходное сопротивление при разомкнутом входе ($R_{22} = U_2/I_2$ при $I_1=0$)

R_{21} — прямое переходное сопротивление, т е отношение возникающего на разомкнутом выходе переменного напряжения к переменному току в цепи входа ($R_{21}=U_2/I_1$ при $I_2=0$).

R_{12} — обратное переходное сопротивление (сопротивление обратной связи), т е отношение возникающего на разомкнутом входе переменного напряжения к переменному току в цепи выхода ($R_{12}=U_1/I_2$ при $I_1=0$)

Размыкание цепей должно производиться для переменных составляющих тока, однако при этом должна быть обеспечена подача постоянных составляющих напряжения и тока на электроды триода Это требование трудно осуществить в цепи выхода плоскостных триодов, что и вызвало переход к гибридным параметрам

Гибридные параметры — применяются только для плоскостных триодов

h_{11} — входное сопротивление при короткозамкнутом выходе ($h_{11}=U_1/I_1$ при $I_1=0$)

h_{22} — выходная проводимость при разомкнутом входе ($h_{22}=I_2/U_2$ при $I_1=0$)

h_{21} — коэффициент прямой передачи тока, т е отношение выходного тока в входному при замкнутом выходе ($h_{21}=-I_2/I_1$ при $U_2=0$; знак минуса указывает на противофазность токов)

h_{12} — коэффициент обратной передачи напряжения (обратной связи), т е отношение напряжения на разомкнутом входе к напряжению на выходе ($h_{12}=U_1/U_2$ при $I_1=0$)

Размыкание и замыкание цепей должно производиться только для переменных составляющих и не должно изменять постоянных составляющих токов и напряжений в этих цепях

Пересчетные соотношения Между параметрами сопротивлениями и гибридными параметрами измеренными при одинаковых условиях, существуют следующие соотношения

$$R_{11}=\frac{h_{11}h_{22}-h_{12}h_{21}}{h_{22}}, \quad R_{22}=\frac{1}{h_{22}};$$

$$R_{21}=\frac{h_{21}}{h_{22}}, \quad R_{12}=\frac{h_{12}}{h_{22}}$$

Параметры эквивалентной схемы. Эти параметры сохраняют одинаковые численные значения независимо от способа включения триода причем каждый параметр соответствует определенному физическому процессу в триоде

$r_э$ — сопротивление эмитера, т. е. сопротивление (для переменного тока) отпертого эмитерного перехода При комнатной температуре $r_э(ом)\approx 30/I_к(ма)$.

$r_к$ — сопротивление коллектора, т. е сопротивление запертого коллекторного перехода.

$r_б$ — сопротивление базы, т. е. сопротивление области базы и ее вывода

$r_у$ — (обозначается также r_m) — сопротивление усиления, которое характеризует отношение переменной э д с $E_к$ в цепи коллектора к вызывающему ее току $I_э$ в цепи эмитера ($r_у=E_к/I_э$).

a — (внутренний) коэффициент усиления тока в короткозамкнутой цепи коллектора $I_к$ по сравнению с током $I_э$ в цепи эмитера ($a=I_к/I_э$)

Эти параметры связаны соотношением

$$a=\frac{r_у}{r_к}.$$

При рассмотрении триода, включенного по схеме с общим эмиттером, удобно использовать два дополнительных параметра.

$\alpha_{б\text{-}к}$ — (обозначается также β) — (внутренний) коэффициент усиления тока $I_к$ в короткозамкнутой цепи коллектора по сравнению с током $I_б$ в цепи базы ($\alpha_{б\text{-}к} = I_к/I_б$).

$r_д$ — диффузионное сопротивление, характеризующее процесс движения носителей зарядов в области базы.

Эти параметры связаны с предыдущими соотношениями:

$$\alpha_{б\text{-}к} = \frac{\alpha}{1-\alpha}; \quad r_д = r_к(1-\alpha).$$

Взаимная связь параметров четырехполюсника и параметров эквивалентной схемы.

Приводимые здесь соотношения позволяют рассчитывать параметры эквивалентной схемы по измеренным значениям параметров четырехполюсника, а также позволяют рассчитывать параметры четырехполюсника для триодов, включенных по разным схемам, если известны параметры эквивалентной схемы

Для схемы с общей (заземленной) базой:

$$h_{11} \approx r_э; \quad h_{12} \approx \frac{r_б}{r}, \quad h_{21} \approx -\alpha; \quad h_{22} \approx \frac{1}{r_к};$$

$$R_{11} = r_э + r_б; \quad R_{22} = r_к + r_б; \quad R_{12} = r_б; \quad R_{21} = r_y + r_б = \alpha r_к + r_б.$$

Для схемы с общим эмиттером.

$$R_{11} = r_б + r_э; \quad R_{22} = r_э + r_к - r_y; \quad R_{12} = r_э; \quad R_{21} = r_э - r_y.$$

Для схемы с общим коллектором.

$$R_{11} = r_б + r_к; \quad R_{22} = r_э + r_к - r_y; \quad R_{12} = r_к - r_y; \quad R_{21} = r_к.$$

Другие параметры триодов

Коэффициент усиления мощности — отношение мощности сигнала, отдаваемой в нагрузку, к мощности сигнала, потребляемой входом триода

Коэффициент усиления по располагаемой мощности — отношение мощности сигнала в нагрузке триода к той наибольшей (располагаемой) мощности, которую способен отдавать источник сигнала на входе триода. Располагаемая мощность равна $E_u^2/4R_u$, где E_u — эффективное значение э д с источника, а R_u — его внутреннее сопротивление.

Область рабочих частот — определяется указанием пороговой (предельной) частоты f_α коэффициента усиления тока α в схеме с общей базой, т. е. частоты, на которой величина α убывает в $\sqrt{2} = 1,41$ раза (на 30% или на 3 *дб*) по сравнению с низкочастотным значением. Иногда указывают аналогичную частоту $f_{\alpha\,б\text{-}к}$ для коэффициента усиления тока $\alpha_{б\text{-}к}$ в схеме с общим эмиттером. Эти частоты связаны соотношением

$$f_\alpha(1-\alpha) = f_{\alpha б\,к}.$$

Коэффициент (фактор) шума — отношение полной мощности шумов на выходе к той составляющей этой мощности, которая обусловлена усилением шумов источника сигнала.

12-10. СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

Точечные германиевые диоды

В керамическом корпусе

Обозначение диода	Основное назначение	Наименьший прямой ток (*ма*) при напряжении +1 *в*	Наибольший обратный ток (*ма*) при напряжении —10 *в*	—30 *в*	—50 *в*	—75 *в*	—100 *в*	Наибольшая амплитуда обратного напряжения, *в*	Наименьшее обратное пробивное напряжение, *в*	Выпрямленный ток, *ма*	Габаритный чертеж и схема расположения выводов
ДГ-Ц1	Видеоканалы ЧМ и АМ, АРУ, дискриминатор, второй детектор	2,5	—	—	1,0	—	—	50	60	16	49; 5; +; ф6,3; 10; 5; ф2; 49; ф0,65
ДГ-Ц2	То же	4,0	—	—	0,5	—	—	50	75	16	
ДГ-Ц4	Второй детектор, АРУ	2,5	—	—	—	0,8	—	75	100	16	
ДГ-Ц5	Восстановитель постоянной составляющей, ограничитель	1,0	—	—	—	0,25	—	75	100	16	
ДГ-Ц6	Выпрямитель	2,5	—	—	—	—	0,8	100	125	16	
ДГ-Ц7	Выпрямитель, ограничитель, восстановитель постоянной составляющей	1,0	—	—	—	—	0,25	100	125	16	
ДГ-Ц8	Измерительные схемы, индикаторы уровня	10	—	0,5	—	—	—	30	50	25	
ДГ-Ц12	Измерительные схемы, видеодетектор, АРУ, второй детектор	5,0	0,5	—	—	—	—	30	45	16	
ДГ-Ц13	Измерительные схемы, дискриминатор, АРУ	1,0	0,25	—	—	—	—	30	45	16	
ДГ-Ц14	Измерительные схемы, ограничитель, восстановитель постоянной составляющей	2,0	—	—	1,0	—	—	50	75	16	

В стеклянном оформлении

Обозначение диода	Наименьший прямой ток (*ма*) при напряжении +1 *в*	Наибольший обратный ток (*ма*) при обратном рабочем напряжении						Наибольший выпрямленный ток, *ма*		Наибольшая амплитуда обратного напряжения, *в*	Обратное пробивное напряжение, *в*	Габаритный чертеж и схема расположения выводов
		−7 *в*	−10 *в*	−30 *в*	−50 *в*	−100 *в*	−150 *в*	Среднее значение	Амплитудное значение			
Д2А	⩾50	0,25	0,5	—	—	—	—	50	150	10	15	
Д2Б	5—10	—	0,1	—	—	—	—	16	50	30	45	
Д2В	⩾10	—	—	0,25	—	—	—	25	75	40	60	
Д2Г	2—5	—	—	—	0,25	—	—	16	50	75	100	
Д2Д	5—10	—	—	—	0,25	—	—	16	50	75	100	
Д2Е	5—10	—	—	—	—	0,25	—	16	50	125	150	
Д2Ж	2—10	—	—	—	—	—	0,25	8	25	175	200	

Плоскостные германиевые диоды для выпрямления переменного тока

Обозначение диода	Наибольший обратный ток (ма) при амплитуде обратного напряжения							Выпрямленный ток, ма	Наименьшее обратное пробивное напряжение, в	Габаритный чертеж и схема расположения выводов
	—50 в	—100 в	—150 в	—200 в	—300 в	—350 в	—400 в			
ДГ-Ц21, Д7А	0,5	—	—	—	—	—	—	300	75	
ЦГ-Ц22, Д7Б	—	0,5	—	—	—	—	—	300	150	
ДГ Ц23, Д7В	—	—	0,5	—	—	—	—	300	225	
ДГ-Ц24, Д7Г	—	—	—	0,5	—	—	—	300	300	
ДГ-Ц25, ДГД	—	—	—	—	0,3	—	—	100	450	
ДГ Ц26, Д7Е	—	—	—	—	—	0,3	—	100	525	
ДГ-Ц27, Д7Ж	—	—	—	—	—	—	0,3	100	600	

Точечные германиевые триоды

Обозначение триода	Назначение	Режимы измерения		Параметры (в схеме с общей базой)						Предельно допустимые пиковые значения				Габаритный чертеж и схема расположения вывода
		Ток эмиттера *ма*	Напряжение коллектора[3] *в*	Входное сопротивление R_{11} не более *ом*	Сопротивление обратной связи R_{12} не более *ом*	Выходное сопротивление R_{22} не менее *ком*	Коэффициент усиления по току α не менее	Коэффициент усиления по располагаемой мощности[1] *дб*	Коэффициент усиления по напряжению не менее	Ток эмиттера *ма*	Ток коллектора, *ма*	Напряжение коллектора, *в*	Мощность рассеиваемая коллектором[2] *мвт*	
С1А С3А	Усиление электрических сигналов до 500 *кгц*	0,3	—20	750	200	7	1,2	15—19	—	10	10	—40	100	С1 и С2
С1Б С3Б	Усиление электрических сигналов до 500 *кгц*	0,3	—20	750	200	7	1,5	18—22	50	10	6	—40	50	
С1В С3В	Усиление электрических сигналов до 1,5 *Мгц*	0,3	—20	750	200	7	1,5	15—19	—	10	10	—40	100	
С1Г С3Г	Усиление электрических сигналов до 1,5 *Мгц*	0,3	—20	750	200	7	1,5	18—22	50	10	6	—40	50	
С1Д С3Д	Усиление электрических сигналов до 5 *Мгц*	0,3	—20	750	200	7	1,5	15—22	30	10	6	—40	50	
С1Е С3Е	Усиление электрических сигналов до 10 *Мгц*	0,3	—20	750	200	7	1,5	≥15	30	10	6	—40	50	
С2А С4А	Генерирование колебаний до 500 *кгц*	0,3	—10	1 500	1 000	7	1,5	—	—	10	10	—30	100	С3 и С4
С2Б С4Б	Генерирование колебаний до 1,5 *Мгц*	0,3	—10	1 500	700	7	1,6	—	—	10	6	—20	50	
С2В С4В	Генерирование колебаний до 5 *Мгц*	0,3	—10	1 500	1 000	7	1,6	—	—	10	6	—20	50	
С2Г С4Г	Генерирование колебаний до 10 *Мгц*	0,3	—10	1 500	1 000	7	1,6	—	—	10	6	—20	50	

[1] Значения коэффициента усиления по располагаемой мощности $K_м$ соответствуют внутреннему сопротивлению источника сигналов 500 *ом* и сопротивлению нагрузки 10 *ком*. [2] Мощность, рассеиваемая коллектором, указана для окружающей температуры, не превышающей +40° С. [3] Напряжения измеряются по отношению к базе.

Плоскостные германиевые триоды для усиления напряжения

Типа П1

Обозначение триода	Предельная частота усиления, *кгц*	Параметры[1]							Предельно допустимые значения (для всех триодов)	Габаритный чертеж и схема расположения вывода
		Сопротивление коллектора, $r_к$, *Мом*	Сопротивление базы $r_б$ не более *ом*	Коэффициент усиления по току[2] α	Коэффициент усиления по располагаемой мощности[3] не менее *дб*	Фактор шумов[3] не более, *дб*	Обратный ток коллектора при выключенном эмиттере, *мка*	Емкость коллекторного перехода не более, *пф*		
П1А	100	≥0,3	—	≥0,9	30	—	≤30	—	Ток эмитера 5 *ма* Ток коллектора 5 *ма* Напряжение коллектора — 20 *в* Мощность, рассеиваемая коллектором, 50 *мвт* Окружающая температура от — 60 до +50° С	
П1Б	100	0,5—1,2	400	0,93—0,97	33	35	≤30	—		
П1В	100	≥1,0	400	0,93—0,97	37	35	≤15	—		
П1Г	100	≥0,5	600	≥0,96	37	—	≤30	—		
П1Д	100	≥0,5	600	≥0,94	33	18	≤15	—		
П1Е	465	—	1 000	≥0,94	30	35	≤30	60		
П1Ж	1 000	—	1 500	≥0,95	35	35	≤20	45		
П1И	≥1 600	≥0,5	1 500	≥0,96	30	35	≤20	35		

[1] Параметры соответствуют току эмиттера 1 *ма* и напряжению коллектора минус 10 *в*.

[2] Коэффициент усиления по току на предельной частоте не менее 0,7.

[3] Значения коэффициента усиления по располагаемой мощности и фактора шумов соответствуют схеме с общим эмиттером в режиме класса A_1 на частоте 1 *кгц* при внутреннем сопротивлении источника сигнала 600 *ом* и сопротивлении нагрузки 30 *ом*.

Типа П6

Обозначение триода	Параметры (в схеме с общим эмитером)											Предельно допустимые значения (для всех триодов)	Габаритный чертеж и схема расположения выводов
	Предельная частота усиления, *Мгц*	Ток эмитера, *ма*	Напряжение коллектора, *в*	Входное сопротивление¹ h_{11}, *ом*	Коэффициент обратной связи¹ h_{12}	Выходная проводимость¹ h_{22}, *мкмо*	Коэффициент усиления по току¹ $h_{21} \approx \alpha$	Коэффициент усиления по располагаемой мощности²	Фактор шумов, *дб*	Обратный ток коллектора, *мка*	Емкость коллекторного перехода, *пф*		
П6А	0,5	1	—5	40	$1 \cdot 10^{-4}$ $5 \cdot 10^{-3}$	2	0,92	35	22	20	40	Мощность, рассеиваемая коллектором, 150 *мвт*	
П6Б	1	1	—5	40	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$	1	0,92	38	22	10	40	Напряжение коллектора—30 *в*	
П6В	1	1	—5	40	$3 \cdot 10^{-4}$	1	0,955	39	22	10	40	Ток коллектора в режиме усиления 10 *ма*	
П6Г	1—2,5	1	—5	40	$4 \cdot 10^{-4}$	1	0,98	40	22	10	40	Ток коллектора в режиме переключения 50 *ма*	
П6Д	1	1	—5	40	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$	1	0,92	38	⩽12	10	40	Ток эмитера 10 *ма*	

¹ Для диапазона частот 0,2 — 1 *кгц*.

² В схеме с общим эмитером в режиме усиления класса *А*, при сопротивлении источника сигнала 600 *ом* и сопротивлении нагрузки 30 *ком*.

Плоскостные германиевые триоды для усиления мощности

Обозначение триода	Режимы измерения: Напряжение коллектора, *в*	Режимы измерения: Ток коллектора, *ма*	Параметры: Коэффициент усиления по току не менее	Параметры: Мощность, отдаваемая нагрузке, не менее, *вт*	Параметры: Сопротивление нагрузки, *ом*	Параметры: Коэффициент усиления по мощности не менее, *дб*	Параметры: Обратный ток коллектора при выключенном эмитере не более *ма*	Предельно допустимые значения: Ток эмитера, *ма*	Предельно допустимые значения: Ток коллектора, *ма*	Предельно допустимые значения: Напряжение коллектора (максимальное), *в*	Предельно допустимые значения: Мощность, рассеиваемая коллектором, *вт*	Предельно допустимые значения: Температура корпуса, °С	Габаритный чертеж и схема расположения выводов
П2А	—50	5	0,9	0,1[1]	10 000	17[1]	—	10	10	—100	0,25	—	
П2Б	—25	10	0,9	0,1[1]	4 000	17[1]	—	25	25	—50	0,25	—	
П3А	—25	130	2,0[2]	1,0[3]	220	17[3]	—	—	150	—50	3,5[4] 1,0[5]	От —50 до +50	
П3Б	—25 —12	130 250	2,0[2] —	1,0[3] 1,0[3]	220 50	20[3] 17[3]	0,25 5,0	—	250	—50	3,5[4] 1,0[5]	От —60 до +50	
П3В	—25 —12	130 250	2,0[2] —	1,0[3] 1,0[3]	220 50	25[3] 20[3]	0,25 3,0	—	450	—50	3,5[4] 1,0[5]	От —60 до +50	

[1] В схеме с общей базой при источнике сигналов с внутренним сопротивлением 100 *ом* на частоте 1 *кгц*.

[2] В режиме короткого замыкания в схеме с общим эмиттером.

[3] В схеме с общим эмитером в режиме класса *А* на частоте 1 *кгц* при внутреннем сопротивлении источника сигнала 5 *ом*

[4] С дополнительным внешним радиатором для теплоотвода.

[5] Без дополнительного внешнего радиатора.

ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ

РАДИОДЕТАЛИ

13-1. СОПРОТИВЛЕНИЯ

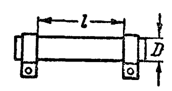
В радиоаппаратуре применяются сопротивления **проволочные** и **непроволочные**.

Проволочные сопротивления изготовляются из проволоки с большим удельным сопротивлением (нихром, манганин, константан), намотанной на основание из изоляционного материала. У непроволочых сопротивлений элементом сопротивления является специальный проводящий состав, нанесенный на стеклянные или керамические трубки или стержни.

Непроволочные сопротивления могут быть изготовлены только в промышленных условиях. Проволочные сопротивления также выпускаются промышленностью, но наряду с этим нередко изготовляются радиолюбителями

В зависимости от назначения применяются сопротивления **постоянные** или **переменные**. У переменных непроволочных сопротивлений проводящий состав наносится на плоскую «подковку» из гетинакса.

Проволочные сопротивления применяются в тех случаях, когда требуется высокая устойчивость сопротивления (в частности, в измерительной аппаратуре), а также при большой величине рассеиваемой мощности (например, в мощных усилителях и передатчиках).



Расчет однослойного проволочного сопротивления

Сопротивления, предназначаемые для поглощения излишнего напряжения в цепи, выполняются обычно в виде одного слоя провода, намотанного на фарфоровую трубку.

Расчетные соотношения

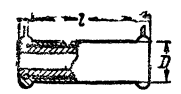
Допустимая температура нагрева (над окружающей) равна 60° С
Поверхность охлаждения равна 4 $см^2/вт$

Сопротивление R, *ом* (U — падение напряжения на сопротивлении, *в*; I — ток, *а*)	$R = \frac{U}{I}$
Диаметр провода d, *мм* (I — ток, *а*)	$d = 0{,}63\sqrt[3]{I^2}$
Длина намотки l, *мм* (R — сопротивление *ом*, d — диаметр провода, *мм*, D — диаметр трубки, *мм*): для нихрома	$l = 208\,R\frac{d^3}{D}$
для константана	$l = 510\,R\frac{d^3}{D}$
для манганина	$l = 595\,R\frac{d^3}{D}$
Число витков w (l — длина намотки, *мм*; d — диаметр провода, *мм*)	$w = \frac{l}{d}$

Пример расчета. *Дано* падение напряжения на сопротивлении $U=100$ *в*, ток через сопротивление $I=0,4$ *а*, диаметр трубки $D=30$ *мм* *Получаем* сопротивление $R=250$ *ом*, диаметр провода $d=0,34$ *мм* При изготовлении сопротивления из константанового провода длина провода $l=170$ *мм*, а число витков $w=500$.

Проволочные сопротивления типа ПЭ

Сопротивления ПЭ изготовляются из константановой или нихромовой проволоки, намотанной на керамическую трубку, и снаружи покрываются предохранительным слоем стекловидной эмали Выводные концы выполнены в виде гибких многожильных жгутов из мягкой медной проволоки.



Сопротивления ПЭ выпускаются с номинальными значениями 20 *ом* — 50 *ком* трех классов точности с допуском на величину сопротивления ± 5, ± 10 и ± 20%.

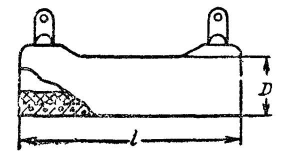
Основные данные сопротивлений ПЭ

Вид сопротивления	Максимальная рассеиваемая мощность, *вт*	Номинальные значения сопротивления: от, *ом*	Номинальные значения сопротивления: до *ком*	Размеры, *мм*: Длина *l*	Размеры, *мм*: Диаметр *D*	Вид сопротивления	Максимальная рассеиваемая мощность *вт*	Номинальные значения сопротивления: от, *ом*	Номинальные значения сопротивления: до, *ком*	Размеры, *мм*: Длина *l*	Размеры, *мм*: Диаметр *D*
ПЭ-7,5	7,5	5	5	40	10						
ПЭ-15	15	5	5	50	14	ПЭ 50	50	1	15	90	23
ПЭ-20	20	5	5	50	18	ПЭ 75	75	1	30	160	23
ПЭ-25	25	5	5,6	50	23	ПЭ-150	150	0,9	50	215	30

За максимальную мощность рассеивания принимается мощность, при которой температура сопротивления не превышает 300° С над окружающей

Проволочные сопротивления типа ПЭВ

Сопротивления проволочные, эмалированные, влагостойкие отличаются от сопротивлений ПЭ конструкцией выводов, которые выполнены из латунной жесткой ленты



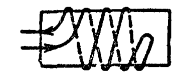
Основные данные сопротивлений ПЭВ

Вид сопротивления	Максимальная рассеиваемая мощность, *вт*	Номинальные значения сопротивления		Размеры, *мм*	
		от, *ом*	до, *ком*	Длина *l*	Диаметр *D*
ПЭВ-2,5	2,5	43	0,43	26	13
ПЭВ-7,5	7,5	5	3,3	35	14
ПЭВ-10	10,0	15	10,0	41	14
ПЭВ-15	15,0	5	15,0	45	17
ПЭВ-20	20,0	10	20,0	51	17
ПЭВ-25	25,0	10	24,0	51	21
ПЭВ-30	30,0	10	30,0	71	21
ПЭВ-40	40,0	20	51,0	87	21
ПЭВ 50	50,0	20	51,0	91	29
ПЭВ-75	75,0	51	51,0	140	29
ПЭВ-100	100,0	51	56,0	170	29

Безындукционные и безъемкостные постоянные проволочные сопротивления

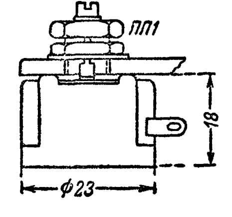
Наименование и схема намотки	Описание намотки
Плоская	Однослойная намотка очень тонким проводом на тонкой изоляционной пластинке. Применяется на высоких частотах при малой величине сопротивления
Перекрестная	Один слой изолированной проволоки наматывается на тонкую изоляционную полоску, после чего на нее же в промежутках между витками наматывается в противоположном направлении вторая обмотка. Обе обмотки соединяются параллельно. Такая обмотка обладает малой индуктивностью и малой емкостью.
Петлевая	Через каждые полшага витка направление намотки меняется. Обладает малой индуктивностью

Продолжение

Наименование и схема намотки	Описание намотки
Бифилярная 	Производится проводом, сложенным вдвое по длине. Обладает малой индуктивностью, но большой емкостью. Применяется главным образом на низких частотах
Секционированная 	Обмотка разделяется на несколько секций, наматываемых в противоположных направлениях и соединяемых последовательно. Применяется при большой величине сопротивления. Обладает незначительной индуктивностью и сравнительно небольшой емкостью

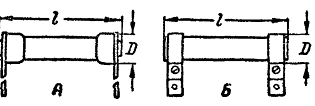
Сопротивления проволочные переменные типа ПП1

Переменные сопротивления типа ПП1 рассчитаны на максимальную мощность 1 *вт* и выпускаются с номинальными значениями 4,7; 5,6, 6,8; 8,2; 10; 12; 15; 18; 20; 22 и 24 *ом*.



Постоянные непроволочные сопротивления типа ВС

Сопротивления ВС представляют собой керамический стержень или трубку, на поверхность которой нанесен тонкий слой углерода. Снаружи сопротивление защищено лаковым или эмалевым покрытием Контактные выводы выполнены из медной проволоки или тонкой латунной ленты.



Сопротивления выпускаются с номинальными значениями 27 *ом* — 10 *Мом* и в зависимости от допустимой мощности рассеяния разделяются на шесть видов.

Основные данные сопротивлений ВС

Обозначение сопротивления	Номинальная рассеиваемая мощность, *вт*	Пределы номинальных значений		Внешний вид	Размеры, *мм*	
		от, *ом*	до, *Мом*		Длина *l*	Диаметр *D*
ВС-0,25	0,25	27	5,1	А	18,5	5,4
ВС-0,5	0,5	27	10	А	28,5	5,4
ВС-1	1	47	10	А	32,5	7,2
ВС-2	2	47	10	А	53	9,5
ВС-5	5	47	10	Б	75	17
ВС-10	10	75	10	Б	120	27

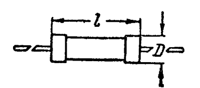
Малогабаритные непроволочные сопротивления типа УЛМ

Сопротивления УЛМ имеют такую же конструкцию, как и сопротивления ВС (рис. *А*), от которых они отличаются своими весьма малыми габаритами. Длина этих сопротивлений составляет всего 6,5 *мм*, а диаметр 2 *мм*

Рассеиваемая мощность 0,12 *вт*; выпускаются сопротивления УЛМ с номинальными значениями 27 *ом*—1 *Мом*.

Постоянные непроволочные сопротивления типа МЛТ

Сопротивления МЛТ представляют собой фарфоровый стержень, на поверхность которого нанесен тонкий проводящий слой специального металлического сплава, снаружи сопротивление защищено слоем изоляционного лака. Выводы проволочные Сопротивления могут снабжаться дополнительными защитными чехлами (трубками из пластмассы).



По величине допустимой мощности рассеяния сопротивления разделяются на три вида и выпускаются с номинальными значениями 100 *ом* — 10 *Мом*.

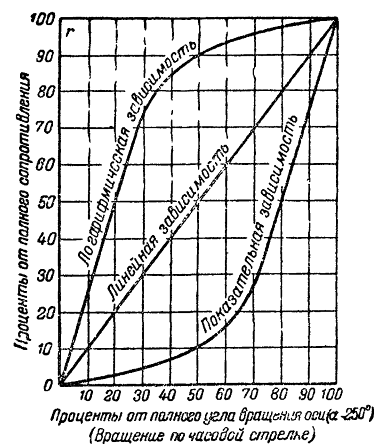
Основные данные сопротивлений МЛТ

Обозначение сопротивления	Номинальная рассеиваемая мощность, *вт*	Пределы номинальных значений		Размеры, *мм*	
		от, *ом*	до, *Мом*	Длина *l*	Диаметр *D*
МЛТ-0,5	0,5	100	5,1	10,8	4,2
МЛТ-1	1	100	10	13,0	6,6
МЛТ-2	2	100	10	18,5	8,6

Переменные непроволочные сопротивления

По характеру изменения своей величины в зависимости от угла поворота оси переменные сопротивления разделяются на сопротивления с линейной, логарифмической и показательной зависимостью.

Сопротивления типов ВК и ТК Оба типа одинаковы по конструкции но сопротивления типа ТК имеют еще выключатель питания на общей оси Выпускаются с номинальными значениями (наибольшее сопротивление между крайними выводами) 2 500—7,5 *Мом*.

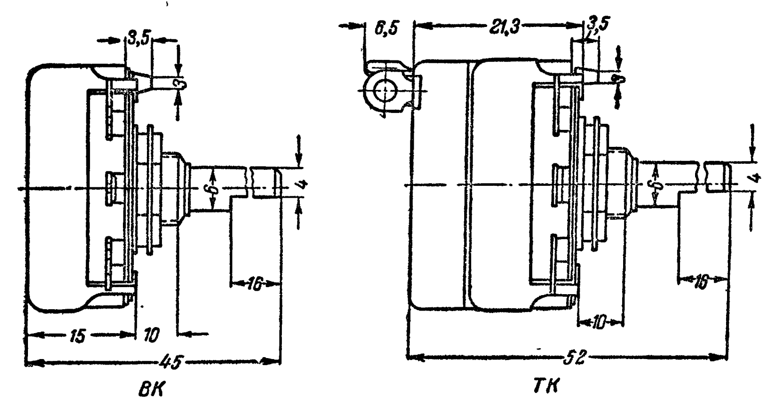


Зависимость величины сопротивления от угла поворота оси.

Сопротивления с линейной зависимостью обеспечивают мощность рассеяния до 0,5 *вт*, с логарифмической зависимостью — до 0,2 *вт* и с показательной зависимостью — до 0,4 *вт* (при полностью введенном сопротивлении).

Номинальные значения сопротивлений типов ВК и ТК

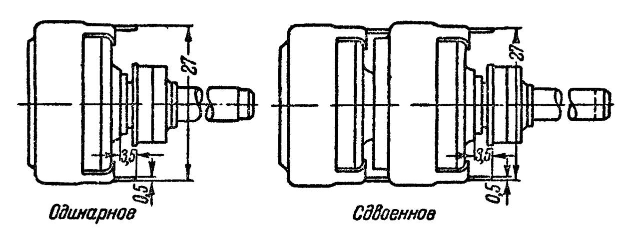
ком 2,5; 3,6; 5; 7,5; 10; 15; 20; 25; 36; 50; 75; 100; 150; 200; 250;
Мом 0,36; 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2; 2,5; 3,6; 5; 7,5



ВК ТК

Сопротивления типа СП выпускаются одинарными и сдвоенными (два переменных сопротивления объединены на одной общей оси).

Сопротивления с линейной зависимостью 470 *ом*—4,7 *Мом* и предельно допустимой мощностью рассеяния до 1 и 2 *вт*.



Одинарное Сдвоенное

Сопротивления с логарифмической и показательной зависимостью 22 *ком*—2,2 *Мом* и допустимой мощностью рассеяния 0,5 и 1 *вт*.

Номинальные значения сопротивлений типа СП

Сопротивления СП выпускаются с номинальными значениями в пределах 0,47 *ком*—4,7 *Мом* в соответствии со стандартной шкалой для II класса точности (допуск ±10%).

27—489

Шкала номинальных значений непроволочных сопротивлений

I класс точности

Для значений в пределах →	10	11	12	13	14-15	15-16	17-19	19-21	21-23	23-25	26-28	29-31	$\times 10^n$ ом
Пользоваться номиналами →	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	±5%
Для значений в пределах →	32-34	35-37	37-41	41-45	45-49	49-53	53-59	59-65	65-71	71-78	78-86	86-95	$\times 10^n$ ом
Пользоваться номиналами →	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91	

II класс точности

Для значений в пределах →	9-11	11-13	14-16	17-19	20-24	25-30	30-36	36-42	43-51	52-61	62-74	74-90	$\times 10^n$ ом ±10%
Пользоваться номиналами →	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82	

III класс точности

Для значений в пределах →	8-12	12-18	18-26	27-39	38-56	55-81	$\times 10^n$ ом ±20%
Пользоваться номиналами →	10	15	22	33	47	68	

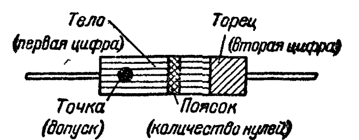
По допустимому отклонению действительной величины от номинала сопротивления разделяются на три класса точности:

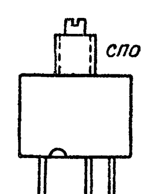
I класс — допустимое отклонение . . . . ±5%
II класс — допустимое отклонение . . . . ±10%
III класс — допустимое отклонение . . . . ±20%

Шкала номинальных значений для каждого класса точности построена так, что она охватывает с установленными допусками все значения сопротивлений в пределах 10 *ом*—10 *Мом*

Международная система цветной маркировки непроволочных сопротивлений

Цвет	Значение цвета: Цифра	Количество нулей	Допуск	Цвет	Значение цвета: Цифра	Количество нулей	Допуск
Черный	0	—	—	Фиолетовый	7	0000000	—
Коричневый	1	0	—	Серый	8	—	—
Красный	2	00	—	Белый	9	—	—
Оранжевый	3	000	—	Золотой	—	—	±5%
Желтый	4	0000	—	Серебряный	—	—	±10%
Зеленый	5	00000	—	Натуральный (без окраски)	—	—	±20%
Синий	6	000000	—				

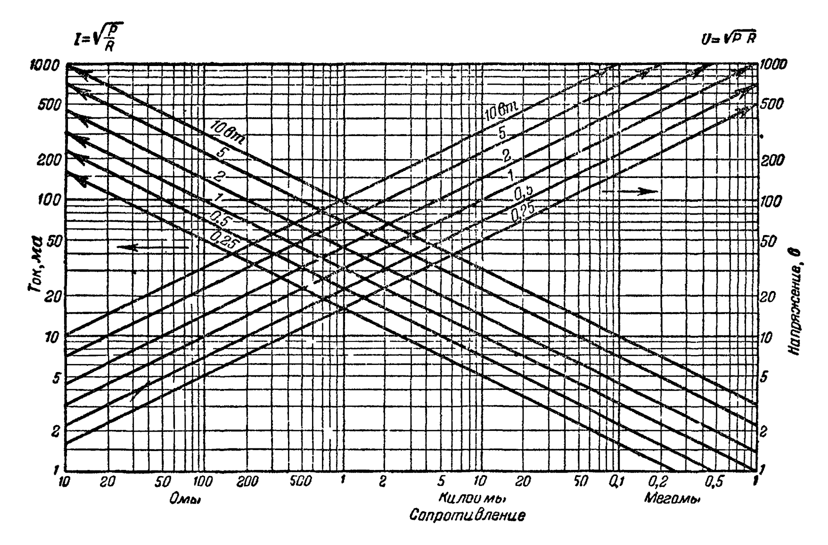




Малогабаритные сопротивления типа СПО. Эти сопротивления относятся к типу объемных и обладают большей теплостойкостью, чем сопротивления СП. Выпускаются трех разновидностей.

Обозначение	Номинальная мощность, *вт*	Диаметр корпуса, *мм*	Высота корпуса, *мм*	Предельное рабочее напряжение, *в*	Диапазон номинальных значений
СПО-0,15	0,15	9,5	9,5	100	100 *ом*—1 *Мом*
СПО-0,5	0,5	15,6	11,2	250	100 *ом*—1 *Мом*
СПО-2	2,0	28	15	100	470 *ом*—4,7 *Мом*

Значения токов и напряжений, соответствующих номинальным значениям рассеиваемой мощности



Пример *Дано*: $R=10$ *ком*; $P=1$ *вт*. Определить величины допустимого тока I и напряжения U.

Из точки, соответствующей 10 *ком*, на горизонтальной оси проводим перпендикуляр до пересечения с третьей наклонной линией (для $P=1$ *вт*), направленной влево. По левой шкале отсчитываем ток $I=$

=10 *ма* Продолжая перпендикуляр до линии, соответствующей той же мощности, но направленной вправо, отсчитываем по правой шкале $U=100$ *в*.

13-2. ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЯ

Обозначение	Диапазон номинальных значений, *ком*	Температурный коэффициент сопротивления (при 20° С), %/1° С	Интервал рабочих температур, °С	Максимальная рабочая температура, °С	Максимально допустимая мощность, *вт*	Мощность рассеяния, не вызывающая заметного разогрева, *вт*	Постоянная времени (в воздухе), *сек*	Количество полупроводниковых шайб в комплекте
КМТ-1	20—1 000	—4,5÷—6	—20÷+180	180	0,9	0,005	85	—
ММТ-1	1—200	—2,4÷—3,4	—70÷+120	120	0,4	0,005	85	—
КМТ-4	20—1 000	—4,5÷—6	—20÷+120	120	0,9	0,005	115	—
ММТ-4	1—200	—2,4÷—3,4	—70÷+120	120	0,4	0,005	115	—
ММТ-8	0,001—1	—2,4÷—3,4	—40÷+60	—	—	—	—	1—3
ММТ-9	0,01—5	—2,4÷—3,4	—60÷+120	—	—	—	—	1—3
КМТ-10	100—3 000	—4,5÷—6	0÷+120	—	—	—	—	—

Термосопротивления КМТ-1 и ММТ-1 предназначены для работы в закрытых сухих помещениях, а КМТ-4 и ММТ-4 (герметизированные) могут использоваться в условиях повышенной влажности и даже в жидкостях. Для температурной компенсации различных элементов электрической цепи предназначены термосопротивления ММТ-8 и ММТ-9, а для цепей теплового контроля разработаны термосопротивления КМТ-10 с малой тепловой инерцией

Термосопротивления КМТ-1, КМТ-4, ММТ-4 и КМТ-10 выпускаются с допускаемым отклонением от номинального значения ±20%, ММТ-8 — с допусками ±10 и ±20%, а ММТ-9 — с допусками ±5, ±10 и ±20%.

13-3. КОНДЕНСАТОРЫ

В радиоаппаратуре применяются конденсаторы постоянной и переменной емкости, а также подстроечные конденсаторы.

В конденсаторах постоянной емкости в качестве диэлектрика чаще всего используются слюда ($\varepsilon=6\div7$), пропитанная бумага ($\varepsilon=4,2\div5$.)

конденсаторная керамика ($\varepsilon=12\div150$), полистироловая пленка ($\varepsilon=2,3\div2,5$) и окись алюминия ($\varepsilon=9\div10$). Для конденсаторов переменной емкости наилучшим диэлектриком является воздух ($\varepsilon=1$).

Классы точности конденсаторов постоянной емкости

Класс точности	Допустимое отклонение от номинала
Класс 0	± 2%
Класс I	± 5%
Класс II	±10%
Класс III	±20%

Температурные параметры слюдяных конденсаторов

Группы	ТКЕ на 1° С
А	Не оговаривается
Б	$\pm200\cdot10^{-6}$
В	$\pm100\cdot10^{-6}$
Г	$\pm50\cdot10^{-6}$

Температурные параметры керамических конденсаторов

Группа	Д	К	М	Р	С
ТКЕ на 1° С Цвет окраски	$-700\cdot10^{-6}$ Красный	$-1300\cdot10^{-6}$ Красный с зеленой точкой	$-50\cdot10^{-6}$ Голубой	$+30\cdot10^{-6}$ Серый	$+110\cdot10^{-6}$ Синий

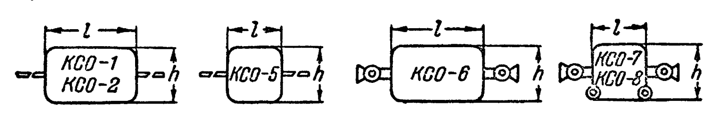
ТКЕ — температурный коэффициент емкости — относительное изменение емкости на 1° С.

Конденсаторы типа КСО

Слюдячые, опрессованные пластмассой конденсаторы КСО используются главным образом в цепях высокой частоты (благодаря крайне небольшим диэлектрическим потерям в слюде) и выпускаются с номинальными значениями 51—50 000 *пф*. Промежуточные значения емкостей внутри этих пределов (для всех видов слюдяных, а также керамических конденсаторов) соответствуют шкале, которая совпадает со шкалой номинальных значений сопротивлений (см. стр. 417).

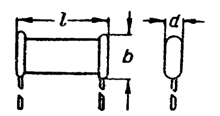
Диэлектриком служат тонкие листки высококачественной слюды, а обкладками — листки из металлической фольги или тонкие слои серебра, наносимого методами вжигания или вакуумного испарения непосредственно на поверхность слюды.

Основные данные конденсаторов типа КСО



Обозначение	Емкость, *пф*	Рабочее напряжение, *в*	Размеры, *мм*	
			l	*h*
КСО-1	51—750	250	13	7
КСО-2	100—2 400	500	18	11
КСО-5	470—6 800 7 500—10 000	500 250	20 20	20 20
КСО-6	100—2 700	1 000	27	16,5
КСО-7	47—1 000 1 100—2 200 2 400—3 300	2 500 1 500 1 000	32 32 32	28 28 28
КСО-8	1 000—3 300 3 600—4 300 4 700 - 6 800 7 500—10 000 12 000—30 000 10 000—30 000	2 500 2 000 1 500 1 000 500 250	32 32 32 32 32 32	28 28 28 28 28 28

Конденсаторы типа СГМ



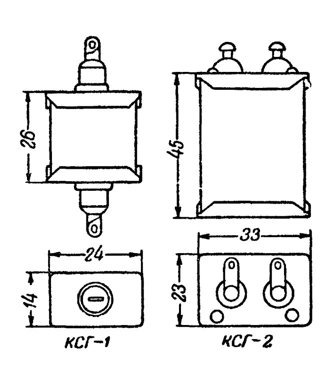
Малогабаритные герметизированные в керамических корпусах слюдяные конденсаторы СГМ предназначаются для работы в цепях высокой частоты. Изготовляются емкостью 100—10 000 *пф* с температурными коэффициентами, соответствующими группам Б и Г.

Основные данные конденсаторов типа СГМ

Обозначение	Емкость, *пф*	Рабочее напряжение, *в*	Размеры, *мм*		
			l	*d*	*b*
СГМ-1	100—560	250	13	6,0	9,5
СГМ-2	620—1 200	250	13	7,0	10,0
СГМ-3	100—4 300 100—3 000 100—1 500	500 1 000 1 500	18 18 18	7,5 7,5 7,5	13,5 13,5 13,5
СГМ-4	6 800—10 000 4 700—6 200 3 200—6 800 1 600—3 900	250 500 5 000 1 500	18 18 18 18	9,0 9,0 9,0 9,0	22,0 22,0 22,0 22,0

Конденсаторы типа КСГ

Слюдяные герметизированные конденсаторы КСГ выпускаются в плоских металлических корпусах двух видов

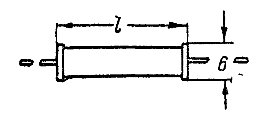


Основные данные конденсаторов КСГ

Вид конденсатора	Емкость	Рабочее напряжение, *в*
КСГ-1	470— 4 700 *пф* 470—20 000 *пф*	1 000 500
КСГ-2	0,02—0,03 *мкф* 0,02—0,1 *мкф*	1 000 500

Конденсаторы типов КТК и КДК

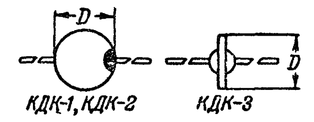
Керамические конденсаторы КТК и КДК предназначаются главным образом для использования в цепях высокой частоты. Конструктивно они выполняются в виде трубки (КТК) или диска (КДК) из специальной конденсаторной керамики с малыми диэлектрическими потерями. Обкладки — тонкий слой серебра, наносимый на поверхность керамики методом вжигания при высокой температуре. Конденсаторы рассчитаны на рабочие напряжения до 250 *в* (действующего значения) высокой частоты или 500 *в* постоянного тока и выпускаются емкостью 2—1 000 *пф*.



Основные данные конденсаторов типа КТК

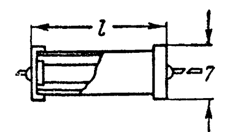
Обозначение	Пределы номинальных емкостей, *пф*				Длина, *мм*
	Группа Д	Группа М	Группа Р	Группа С	
КТК-1	2—180	2—39	2—15	2—15	11,5
КТК-2	100—360	30—91	10—39	10—39	20,5
КТК-3	240—560	82—150	36—62	24—51	30,5
КТК-4	430—750	130—200	56—82	43—68	40,5
КТК-5	680—1 000	180—240	75—120	62—100	50,5

Значения групп см. стр. 420.



Основные данные конденсаторов типа КДК

Обозначение	Пределы номинальных емкостей, *пф*				Диаметр, *мм*
	Группа Д	Группа М	Группа Р	Группа С	
КДК-1	3—30	1—7	1—5	1—3	8
КДК-2	30—130	7—20	5—15	3—10	16
КДК-3	30—75	3—10	1—7	1—5	10



Конденсаторы типа КГК

Герметизированные в фарфоровых трубках керамические конденсаторы КГК предназначены для работы в высокочастотных цепях с напряжением до 250 *в* (действующего значения) и до 500 *в* постоянного тока

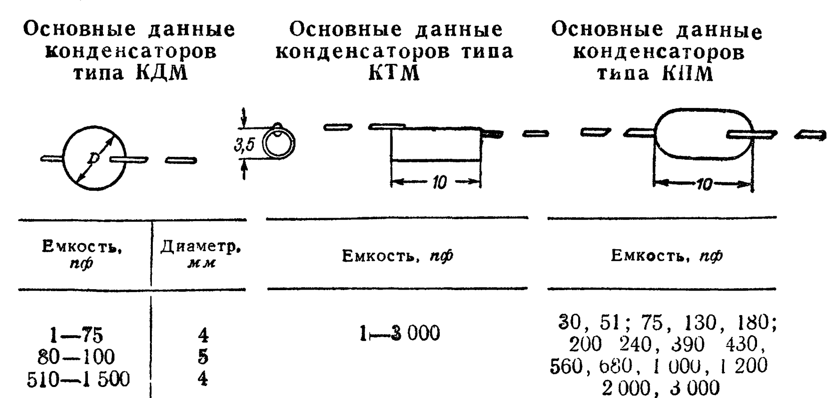
Основные данные конденсаторов типа КГК

Обозначение	Пределы номинальных значений емкостей, *пф*				Длина *l*, *мм*
	Группа Д	Группа М	Группа Р	Группа С	
КГК-1	5—180	5—39	5—15	5—15	16
КГК-2	100—360	30—91	10—39	10—30	25
КГК-3	240—560	82—150	36—62	24—51	35
КГК-4	430—750	130—200	56—82	43—68	45
КГК-5	680—1 000	180—240	75—120	62—100	55

Значения групп см. на стр. 420.

Конденсаторы типов КДМ КТМ и КПМ

Миниатюрные керамические конденсаторы типов КДМ (дисковые), КТМ (трубчатые) и КПМ (пакетные) отличаются особо малыми размерами и могут работать в цепях с напряжением постоянного тока до 60 *в* Конденсаторы КДМ и КТМ емкостью до 300 *пф* и КПМ — до 1 000 *пф* могут применяться в высокочастотных цепях Конденсаторы каждого типа с большей емкостью предназначаются для низкочастотных цепей.



Основные данные конденсаторов типа КДМ

Емкость, *пф*	Диаметр, *мм*
1—75	4
80—100	5
510—1 500	4

Основные данные конденсаторов типа КТМ

Емкость, *пф*
1—3 000

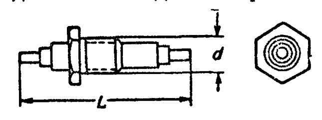
Основные данные конденсаторов типа КПМ

Емкость, *пф*
30, 51; 75, 130, 180; 200 240, 390 430, 560, 680, 1 000, 1 200 2 000, 3 000

Конденсаторы типов КТП и КТПС

Малогабаритные проходные керамические конденсаторы трубчатой конструкции. Выполняются с резьбовой втулкой, соединенной с одной из обкладок и служащей для крепления конденсатора.

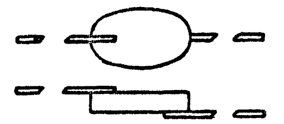
Основные данные конденсаторов КТП и КТПС



Обозначение	Рабочее напряжение, *в*	Емкость, *пф*	Размеры, *мм*	
			l	*d*
КТП-1	500	8	26	9
КТП-2	500	20	26	9
КТП-3	500	25	26	9
КТП-4	500	100	26	9
КТП-5	500	100	21	9
КТП-6	500	300	39	11
КТПС-1	300	3 600	28	9,5
КТПС-2	300	4 300	28	9,5
КТПС-3	300	10 000	40	21,5

Конденсаторы типов КП и КТ

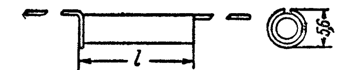
Малогабаритные керамические конденсаторы типов КП (пластинчатые) и КТ (трубчатые) рассчитаны на работу в высокочастотных цепях. Эти конденсаторы отличаются большим отрицательным ТКЕ, измеряемым величиной порядка $-1\,300 \cdot 10^{-6}$ на 1° С.



Основные данные конденсаторов типа КП

Обозначение	Рабочее напряжение, *в*	Емкость, *пф*	Размеры овала, *мм*	Толщина, *мм*
КП-1	250	30—50	4,5×5,5	6,0
КП-2	250	160—360	7,0×8	7,0
КП-3	250	390—750	10,0×11,5	7,0
КП-4	250	820—1 500	13,5×15,5	8,0

Основные данные конденсаторов типа КТ



Обозначение	Рабочее напряжение, *в*	Емкость, *пф*	Длина, *мм*
КТ-1	500	180—300	11,0
КТ-2	500	330—430	16,0
КТ-3	500	470—620	20,0

Конденсаторы типа КДУ

Дисковые ультракоротковолновые керамические малогабаритные конденсаторы типа КДУ рассчитаны на работу при частотах до 500 *Мгц*. Рабочее напряжение до 500 *в* постоянного тока и до 250 *в* высокой частоты. Выводы отличаются малой индуктивностью.

Основные данные конденсаторов КДУ

Обозначение	Емкость, *пф*	Диаметр, *мм*	Толщина, *мм*
КДУ-1	1—2	8	3,5
КДУ-2	1—5	8	3,5
КДУ-3	3—7	8	3,5
КДУ-4	8—51	10	3
КДУ-5	7—27	16	3,5

Конденсаторы типов КДС и КПС

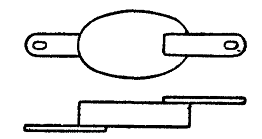
Керамические малогабаритные конденсаторы типов КДС (дисковые сегнетоэлектрические) и КПС (пластинчатые сегнетоэлектрические) предназначаются для работы в низкочастотных цепях при напряжении постоянного тока до 250 *в* и напряжении звуковой частоты до 150 *в*.

Основные данные конденсаторов КДС

Обозначение	Емкость, *пф*	Диаметр, *мм*	Толщина, *мм*
КДС-1	1 000	4,2	2,5
КДС-2	3 000	9,2	3,5
КДС-3	6 800	12,2	3,5

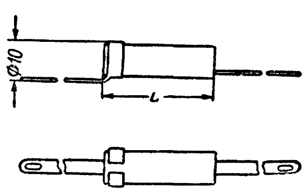
Основные данные конденсаторов КПС

Обозначение	Емкость, *пф*	Размеры овала, *мм*	Толщина, *мм*
КПС-1	510—3 600	7×5,5	6
КПС-2	3 900—7 500	10×8	7
КПС-3	8 200—15 000	13,5×11	7
КПС-4	18 000—40 000	17,5×14,5	8



Конденсаторы типа КТН

Керамические трубчатые негерметизированные конденсаторы КТН рассчитаны на работу при рабочих напряжениях высокой частоты до 250 *в* или до 500 *в* постоянного тока. Конденсаторы изготовляются шести видов.

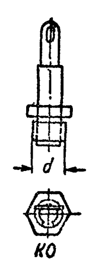


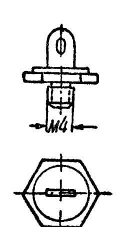
Основные данные конденсаторов КТН

Обозначение	Емкость, *пф*				Длина *L*, *мм*
	Группы по ТКЕ				
	Д	М	Р	С	
КТН-1	2—100	2—30	2—27	2—15	14
КТН-2	100—220	30—62	27—47	15—30	24
КТН-3	220—330	62—100	47—75	30—51	34
КТН-4	330—470	100—130	75—100	51—68	44
КТН-5	470—560	130—180	100—130	68—91	54
КТН-6	560—680	180—240	130—150	91—110	64

Конденсаторы типов КО и КДО

Малогабаритные опорные керамические конденсаторы типов КО (трубчатые) и КДО (дисковые) имеют резьбовую втулку, соединенную с одной обкладкой и предназначенную для крепления конденсаторов Рассчитаны на работу при частотах до 30 *Мгц*.





Основные данные конденсаторов КО и КДО

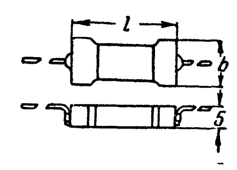
Обозначение	Рабочее напряжение, *в*	Емкость, *пф*	Диаметр нарезной части, *мм*
КО-1	500 300	20—180 270—1 800	М5
КО-2	500 300	43—360 680—3 600	М6
КДО-1	500 300	3—68 490—680	М4
КДО-2	500 300	5—91 680—1 100	М4

Конденсаторы типа КС

Конденсаторы предназначены для работы в цепях, имеющих напряжение высокой частоты. Диэлектриком служат слои стекловидной эмали, а обкладками — тонкие слои серебра, наносимого на эмаль методом вжигания при высокой температуре. Температурный коэффициент емкости составляет $+70 \cdot 10^{-6}$ на 1° С. Рабочее напряжение не более 500 *в* постоянного тока.

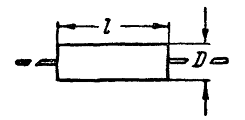
Основные данные конденсаторов типа КС

Емкость, *пф*	Размеры	
	l	*b*
10—150	15,0	9,0
150—430	18,0	13,5



Конденсаторы типа КБ

Бумажные конденсаторы КБ (в цилиндрическом бумажном корпусе) предназначены для работы в цепях, имеющих переменное напря-



жение низкой частоты и напряжение постоянного тока Диэлектриком у них служит бумага, пропитанная вос ообразными изолирующими веществами, а обкладками — полосы из металлической фольги.

Основные размеры конденсаторов типа КБ

Номер корпуса	Размеры, *мм* *l*	Размеры, *мм* *D*	Номер корпуса	Размеры, *мм* *l*	Размеры, *мм* *D*	Номер корпуса	Размеры, *мм* *l*	Размеры, *мм* *D*
1	37	14	6	37	25	10	57	20,5
2	37	15	7	57	14	11	57	25
3	37	17	8	57	16	12	57	28,5
4	37	18,5	9	57	18,5	13	57	32
5	37	20,5						

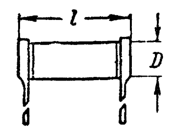
Основные данные конденсаторов типа КБ

Емкость	Рабочее напряжение, *в*: 200	400	600	Емкость	Рабочее напряжение, *в*: 200	400	600
	Номер корпуса				Номер корпуса		
4 700 *пф*	—	1	2	0,05 *мкф*	3	5 и 9	7 и 10
5 600 „	—	1	—	0,07 „	4 и 8	9	11
6 800 „	—	1	2	0,1 „	5 и 8	7 и 10	11
0,01 *мкф*	1	2	3	0,15 „	6 и 9	11	12
0,015 „	1	2	3	0,2 „	7 и 10	12	13
0,02 „	2	3	4	0,25 „	11	12	—
0,025 „	2	3	8	0,3 „	12	13	—
0,03 „	2	4 и 8	9	0,5 „	12	—	—

Конденсаторы типа КБГ

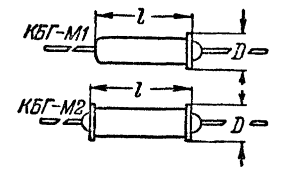
Бумажные герметизированные конденсаторы КБГ выпускаются емкостью 470 *пф*—2 *мкф*. По конструктивному оформлению различаются. КБГ-И—в цилиндрическом корпусе из керамики, КБГ-М—в цилиндрическом металлическом корпусе, КБГ-МП—в металлическом прямоугольном корпусе и КБГ-МН—в металлическом прямоугольном корпусе, нормальный.

Основные размеры конденсаторов типа КБГ-И





Основные размеры конденсаторов типов КБГ-М1 и КБГ-М2



Номер корпуса	Размеры, *мм* *l*	Размеры, *мм* *D*	Номер корпуса	Размеры, *мм* *l*	Размеры, *мм* *D*
1	15	7	6	25	15,4
2	18	7	7	38	10
3	21	7	8	45	14
4	25	9,2	9	50	17
5	25	13,4			

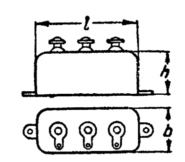
Схема					
Индекс	*К*	*И*	*К*	*И*	*И*

Схема соединения секций конденсаторов типа КБГ.

Основные данные конденсаторов типов КБГ-И, КБГ-М1 и КБГ-М2

Емкость	КБГ-И			КБГ-М1 и КБГ-М2			Емкость	КБГ-И			КБГ-М1 и КБГ-М2		
	Рабочее напряжение, *в*							Рабочее напряжение, *в*					
	200	400	600	200	400	600		200	400	600	200	400	600
	Номера корпусов							Номера корпусов					
470 *пф*	—	1	3	—	—	—	0,02 *мкф*	4	—	5	—	—	7
680 "	1	2	3	—	—	—	0,025 "	4	—	5	—	—	7
1 000 "	1	2	3	—	—	—	0,03 "	4	5	6	—	—	7
1 500 "	—	2	3	—	—	—	0,04 "	5	6	—	7	—	8
2 200 "	2	—	3	—	—	—	0,05 "	5	6	—	7	—	8
3 300 "	2	—	3	—	—	—	0,07 "	5	—	—	7	8	9
4 700 "	3	—	4	—	—	—	0,1 "	6	—	—	—	8	9
6 800 "	—	—	4	—	—	—	0,15 "	—	—	—	—	8	9
0,01 *мкф*	—	—	4	—	—	7	0,2 "	—	—	—	8	9	—
0,015	—	4	5	—	—	7	0,25 "	—	—	—	8	9	—

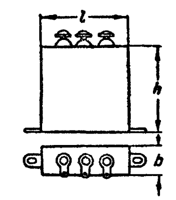
Основные размеры конденсаторов типа КБГ-МП



Номер корпуса	Размеры, *мм*		
	l	*b*	*h*
1	46	26	18
2	46	26	22
3	46	36	22
4	51	51	25

Конденсаторы КБГ-МП изготовляются с разными вариантами расположения выводов (сверху, сбоку и снизу) и крепления.

Основные размеры конденсаторов типа КБГ-МН



Номер корпуса	Размеры, *мм*			Номер корпуса	Размеры, *мм*		
	l	*b*	*h*		*l*	*b*	*h*
1	34	21	60	5	45	34	110
2	45	29	60	6	65	39	95
3	45	34	60	7	65	39	110
4	45	34	80	8	65	64	110

Конденсаторы КБГ-МН изготовляются с двумя вариантами крепления.

Основные данные конденсаторов типа КБГ-МП

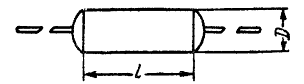
Емкость *мкф*	Рабочее напряжение, *в*					Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*				
	200	400	600	1 000	1 500		200	400	600	1 000	1 500
	Номер корпуса						Номер корпуса				
0,01	—	—	—	1	1	2×0,05	—	—	—	1	2
0,05	—	—	—	1	1	2×0,1	—	—	1	3	4
0,1	—	—	—	1	3	2×0,25	2	3	—	4	—
0,25	—	1	2	2	4	2×0,5	3	—	4	—	—
0,5	2	—	3	4	—	3×0,05	—	—	1	2	—
1	3	—	4	—	—	3×0,1	1	2	3	4	—
2	4	—	—	—	—	3×0,25	3	—	4	—	—

Основные данные конденсаторов типа КБГ-МН

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*					Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*				
	200	400	600	1 000	1 500		200	400	600	1 000	1 500
	Номер корпуса						Номер корпуса				
0,25	—	—	—	1	2	8	6	8	—	—	—
0,5	—	—	1	2	4	10	7	—	—	—	—
1	1	2	3	4	5	2×0,25	—	—	—	2	4
2	2	4	5	6	8	2×0,5	—	2	3	4	5
4	4	6	7	8	—	2×1	2	4	5	6	8
6	6	7	8	—	—	2×2	4	6	7	8	—

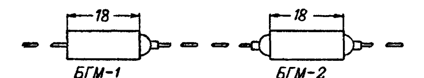
Конденсаторы типов БМ и БГМ

Малогабаритные бумажные конденсаторы БМ (негерметизированные) выпускаются на рабочее напряжение 100 *в* постоянного тока, герметизированные типа БГМ — на рабочее напряжение 400 *в* постоянного тока.



Основные данные конденсаторов типа БМ

Емкость	Размеры, *мм*	
	d	*l*
510; 680; 1 000; 1 500; 2 200; 3 300; 4 700; 5 100; 6 800; 9 100 *пф*	5	11
0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,04; 0,05 *мф*	7,5	14,5



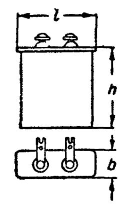
Основные данные конденсаторов типа БГМ

Емкость, *пф*	Диаметр, *мм*
920; 1 500; 3 300; 10 000	6
33 000; 43 000; 47 000; 50 000	11

Конденсаторы МБГ

Малогабаритные герметизированные конденсаторы МБГ изготовляются из металлизированной бумаги (тонкий слой металла наносится распылением непосредственно на бумагу).

Конденсаторы этого типа выпускаются в плоских (МБГП) и цилиндрических корпусах (МБГЦ).



Основные данные конденсаторов МБГП

Емкость *мкф*	Рабочее напряжение, *в*				
	200	400	600	1 000	1 500
	Номер корпуса				
0,1	—	—	1	—	—
0,25	—	1	2	—	7
0,5	1	2	5	7	9
1,0	2	5,6	7	9	13
2,0	4	8	10	14	18
4,0	7	10	15	19	20
10,0	10	17	20	21	22
15,0	12	—	—	—	—
25,0	16	—	—	—	—
2×0,1	—	1	—	—	—
2×0,25	1	—	—	—	—
2×0,5	2	—	—	—	—

Основные размеры конденсаторов МБГП

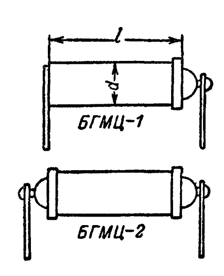
Номер корпуса	*h*	*l*	*b*
1	25	31	11
2	25	31	16
4	25	31	26
5	25	31	31
6	50	46	11
7	50	46	16
8	50	46	21
9	50	46	26
10	50	46	31
12	50	46	41
13	50	46	46
14	50	46	51
15	50	46	56
16	50	46	61
17	50	46	66
18	50	46	86
19	115	69	34
20	115	69	47
21	115	69	64
22	100	69	107

Основные данные конденсаторов МБГЦ

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*			
	200	400	600	1 000
	Номер корпуса			
0,025	—	—	1	—
0,05	—	—	1	2
0,1	—	1	2	3
0,25	1	3	4	—
0,5	2	4	—	—
1,0	3	—	—	—

Основные размеры конденсаторов МБГЦ

Номер корпуса	l	d
1	38	11,5
2	38	15,5
3	38	18,5
4	50	18,5



Конденсаторы типа МБГО

Малогабаритные герметизированные конденсаторы из металлизированной бумаги однослойные типа МБГО предназначаются для работы взамен электролитических конденсаторов в цепях с постоянным или пульсирующим напряжением

Внешнее оформление такое же, как у конденсаторов МБГП (см. стр. 433).

Основные данные конденсаторов МБГО

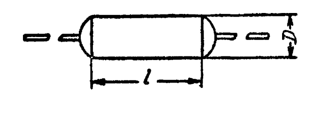
Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение *в*				
	160	300	400	500	600
	Номер корпуса				
0,25	—	—	—	—	1
0,5	—	—	—	1	2
1,0	—	1	2	3	4
2,0	2	3	4	6	7
4,0	3	6	7	8	9
10,0	7	8	10	12	15
20,0	10	12	16	18	—
30,0	12	15	—	—	—

Конденсаторы типа МБМ

Малогабаритные конденсаторы МБМ изготовляются из металлизированной бумаги и выпускаются на рабочее напряжение 160 *в* постоянного тока.

Основные данные конденсаторов типа МБМ

Емкость, *мкф*	Размеры *мм*	
	D	l
0,05	6	18
0,1	8,5	18
0,25	8,5	31
0,5	11	31
1,0	14	31

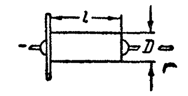


Конденсаторы типа КБП

Проходные с малой индуктивностью бумажные конденсаторы КБП предназначены для подавления помех радиоприему в области частот до 60 *Мгц* Изготовляются с разными способами крепления на емкости

0,025—2 *мкф*. Различные варианты конденсаторов КБП различаются по длине и диаметру стержня. Приведенные ниже данные относятся к конденсаторам с диаметром выводного стержня 1 и 2 *мм*.

Основные размеры конденсаторов типа КБП



Номер корпуса	Размеры *мм*	
	l	*D*
1	55	10
2	55	14
3	55	20
4	70	20
5	80	24
6	80	35
7	87	40

Основные данные конденсаторов типа КБП

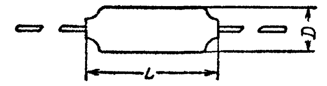


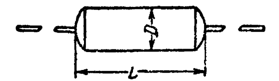
Электрическая схема конденсатора типа КБП

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение *в*				
	110_50~	250_100~	500_220~	1000_380~	1500_500~
	Номер корпуса				
0,025	—	1	2	3	4
0,05	1	2	3	4	5
0,1	2	3	4	5	6
0,25	3	4	5	—	7
0,5	4	5	6	7	—
1	5	6	7	—	—
2	6	7	—	—	—

Конденсаторы типов ПО и ПСО

В конденсаторах типов ПО и ПСО диэлектриком служит тонкая полистироловая пленка — стирофлекс. Конденсаторы типа ПО рассчитаны на работу в цепях с напряжением до 300 *в*, а типа ПСО — до 500 *в* постоянного тока.





Основные данные конденсаторов ПО

Емкость	Размеры *мм*	
	L	*D*
51, 82, 150, 200, 270, 300, 330, 680 *пф*	12	31
2 200, 2 400 *пф*	14	33
3 600, 4 700 *пф*	17	33
0,025, 0,03 *мкф*	24	49

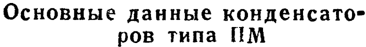
Основные данные конденсаторов ПСО

Емкость, *пф*	Размеры, *мм*	
	L	*D*
470—2 200	13	28
2 400—4 700	17	28
5 100—7 500	22	28
8 200—10 000	22	32

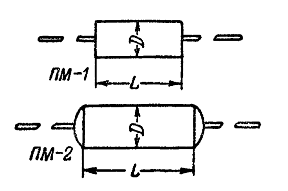
Конденсаторы типа ПМ

Малогабаритные конденсаторы типа ПМ предназначаются для работы как в низкочастотных, так и в высокочастотных цепях при рабочем напряжении до 60 *в* постоянного тока Диэлектриком в этих конденсаторах служит стирофлексная пленка

Конденсаторы ПМ-1 — негерметизированные, конденсаторы ПМ-2 — герметизированные.



Основные данные конденсаторов типа ПМ

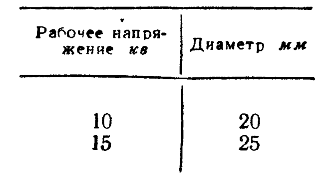


Обозначение	Емкость, *пф*	Размеры *мм*	
		D	*L*
ПМ 1	100, 300, 510	3,5	8
	750, 1 000	4	10
ПМ-2	100, 300, 510	4	10
	750, 1 000	5	12

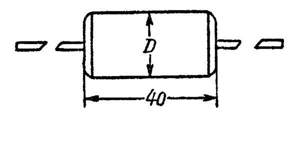
Конденсаторы типа ПОВ

Высоковольтные конденсаторы ПОВ с диэлектриком из полистирольной пленки выпускаются одного номинала с емкостью 390 *пф* и рассчитаны на рабочие напряжения 10 и 15 *кв*.

Размеры конденсаторов ПОВ



Рабочее напряжение *кв*	Диаметр *мм*
10	20
15	25



Электролитические конденсаторы

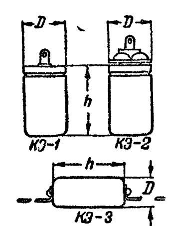
Электролитические конденсаторы предназначаются для работы в цепях только с постоянным или пульсирующим напряжением Требуют обязательного соблюдения полярности включения Диэлектриком у них служит тонкий слой окиси алюминия, нанесенный электролитическим способом на положительный полюс (анод), сделанный из чистого алюминия Выпускаются с номинальными значениями емкостей 2—2 000 *мкф* Допускаемое отклонение емкости от номинальной составляет от +50 до −20%

Ток утечки у электролитических конденсаторов определяется по формуле

$$I_y \leqslant CU10^{-4} + m,$$

где I_y — ток утечки, *ма*, C — емкость, *мкф*; U — напряжение, *в*; $m = 0{,}2$ для емкости до 5 *мкф*, $m = 0{,}1$ для емкости 8—50 *мкф* и $m = 0$ для емкости свыше 50 *мкф*

Справочные данные приводятся для конденсаторов группы М — морозостойких (с интервалом рабочих температур от −40 до +60 С).



Электролитические конденсаторы типа КЭ

По конструкции конденсаторы типа КЭ делятся на три вида КЭ-1, КЭ 2 и КЭ-3

Конденсаторы группы М — морозостойкие — работают при температуре от —40 до +60° С.

Основные размеры конденсаторов типа КЭ

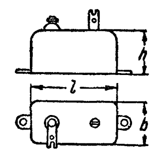
Номер корпуса	Размеры, *мм*	
	h	*D*
1	28	16
2	28	19
3	35	21
4	60	26
5	65	34
6	90	34
7	114	34
8	114	50
9	114	65
10	43	17,5
11	43	20,5
12	43	25,5

Основные данные конденсаторов типа КЭ

Обозначение	Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*									
		8	12	20	30	50	150	300	400	450	500
		Номер корпуса									
КЭ-1 и КЭ-2	5	—	—	—	—	—	—	3	3	4	4
	10	—	—	—	—	2	3	4	4	4	5
	20	—	—	1	1	2	3	4	4	5	6
	30	—	1	1	2	3	4	4	—	—	—
	50	—	2	2	3	4	—	—	—	—	—
	100	—	3	3	4	5	—	—	—	—	—
	200	—	4	4	6	—	—	—	—	—	—
	500	—	5	6	7	—	—	—	—	—	—
	1 000	—	7	8	—	—	—	—	—	—	—
	2 000	—	8	9	—	—	—	—	—	—	—
КЭ-3	4	—	—	—	—	—	—	10	11	12	—
	8	—	—	—	—	—	10	11	12	12	—
	20	—	10	—	—	10	11	12	—	—	—
	50	10	11	11	11	12	—	—	—	—	—
	100	11	11	11	—	—	—	—	—	—	—

Электролитические конденсаторы КЭГ

Герметизированные электролитические конденсаторы типа КЭГ делятся на два вида КЭГ-1 и КЭГ-2 — в плоском корпусе и ЭГ — в цилиндрическом корпусе.

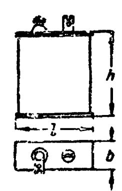


Основные размеры конденсаторов КЭГ-1

Номер корпуса	Размеры *мм*		
	l	*b*	*h*
1	46	26	18
2	46	26	22
3	46	36	22
4	51	51	25

Основные электрические данные конденсаторов КЭГ-1

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*									
	8	12	20	30	50	150	300	400	450	500
	Номер корпуса									
2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1
5	—	—	—	—	—	1	1	2	3	3
10	—	—	—	—	—	1	2	3	3	4
15	—	—	—	—	—	2	3	4	4	—
20	—	—	—	—	1	2	3	4	4	—
30	—	—	—	—	1	3	4	—	—	—
50	—	—	1	1	1	3	—	—	—	—
100	—	1	2	3	4	—	—	—	—	—
200	2	3	4	—	—	—	—	—	—	—
500	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—



Основные размеры конденсаторов КЭГ-2

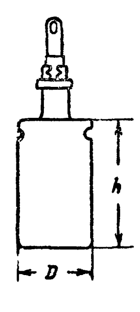
Номер корпуса	Размеры *мм*		
	l	*b*	*h*
1	33	23	45
2	37	22	60
3	49	29	60
4	49	34	60
5	49	34	80
6	49	34	110
7	69	39	110
8	69	64	110

Основные данные конденсаторов КЭГ-2

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение *в*							
	12	20	30	50	150	300	450	500
	Номер корпуса							
5	—	—	—	—	—	—	—	1
10	—	—	—	—	—	1	2	3
20	—	—	—	—	—	2	3	4
50	—	—	—	1	2	4	—	—
100	—	1	1	2	—	—	—	—
200	—	2	3	4	—	—	—	—
500	2	3	4	—	—	—	—	—
1000	4	4	5	—	—	—	—	—
2000	6	6	—	—	—	—	—	—

Основные размеры конденсаторов ЭГ

Номер корпуса	Размеры, *мм*		Номер корпуса	Размеры, *мм*	
	D	*h*		*D*	*h*
1	13,5	29	7	26	62
2	16,5	29	8	26	68
3	19,5	36	9	30	68
4	19,5	62	10	30	93
5	21,5	36	11	34	93
6	21,5	62	12	34	119



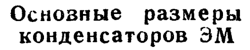
Основные данные конденсаторов ЭГ

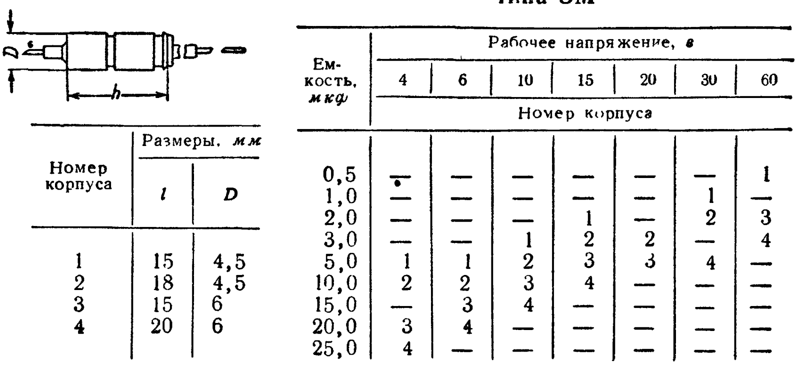
Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*															
	6	8	10	12	20	30	40	50	100	125	150	200	300	400	450	500
	Номер корпуса															
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	3	4	4
10	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	2	—	3	4	6	8
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	4	4	7	—
20	—	—	—	1	1	1	—	2	—	—	3	—	4	7	9	10
30	—	—	—	1	1	2	—	2	—	—	5	—	7	—	—	—
40	1	—	1	—	—	—	2	—	—	3	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	1	2	2	—	3	—	—	4	—	9	—	—	—
100	—	2	—	3	3	3	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—
200	—	3	—	3	4	4	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—
350	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	—	4	—	6	7	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
700	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 000	—	—	—	9	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 000	—	11	—	11	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Конденсаторы типа ЭМ

Электролитические малогабаритные конденсаторы типа ЭМ выпускаются на рабочие напряжения до 60 *в*.

Основные размеры конденсаторов ЭМ





Номер корпуса	Размеры, *мм*	
	l	*D*
1	15	4,5
2	18	4,5
3	15	6
4	20	6

Основные данные конденсаторов типа ЭМ

Емкость, *мкф*	Рабочее напряжение, *в*						
	4	6	10	15	20	30	60
	Номер корпуса						
0,5	—	—	—	—	—	—	1
1,0	—	—	—	—	—	1	—
2,0	—	—	—	1	—	2	3
3,0	—	—	1	2	2	—	4
5,0	1	1	2	3	3	4	—
10,0	2	2	3	4	—	—	—
15,0	—	3	4	—	—	—	—
20,0	3	4	—	—	—	—	—
25,0	4	—	—	—	—	—	—

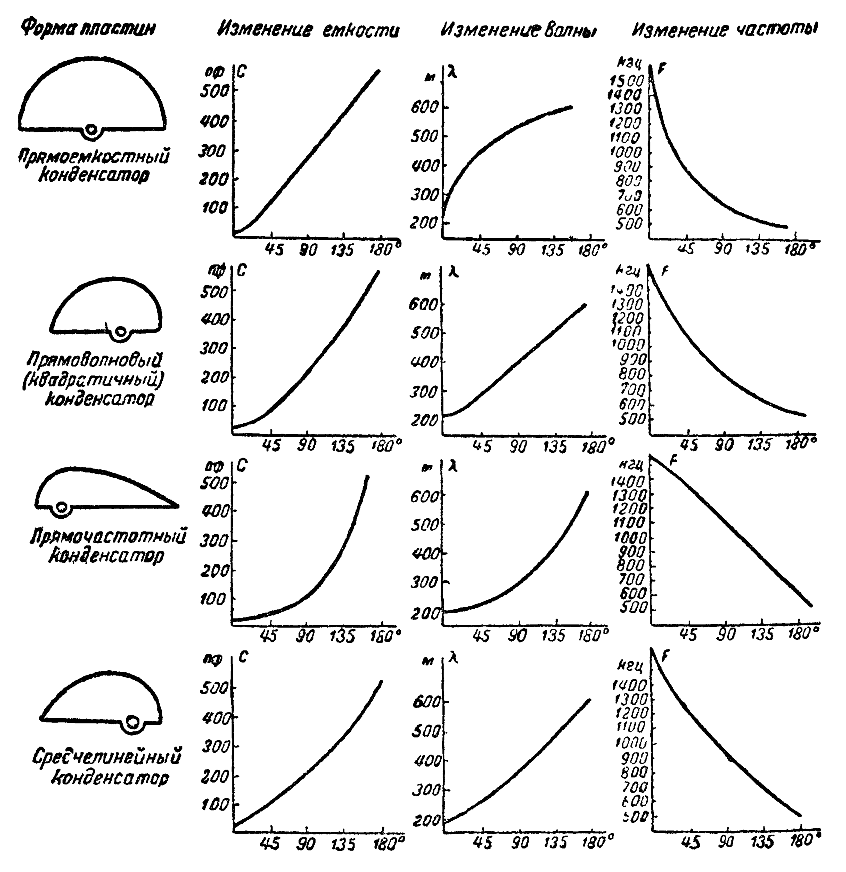
Конденсаторы переменной емкости

Конденсаторы переменной емкости состоят из одной или нескольких секций с общей осью вращения Диэлектриком в них, как правило, служит воздух, обладающий наименьшими диэлектрическими потерями

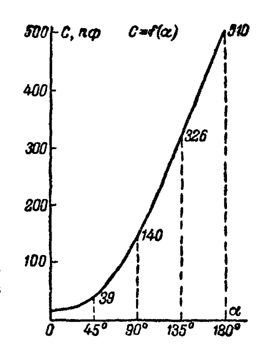
По характеру зависимости изменения емкости от угла поворота

подвижных пластин различают конденсаторы **прямоемкостные**, емкость которых изменяется пропорционально углу поворота подвижных пластин (углу, на который подвижные пластины введены в зазоры неподвижных), конденсаторы **прямоволновые**, с которыми длина волны контура изменяется пропорционально этому углу, конденсаторы **прямочастотные**, с которыми частота контура изменяется пропорционально углу, и конденсаторы **среднелинейные** (логарифмические), относительное (процентное) приращение емкости у которых на 1° шкалы остается постоянным в любом месте шкалы.

Конденсаторы переменной емкости, применяемые в радиовещательных приемниках, обычно имеют зависимость изменения емкости, близкую к среднелинейной.



Форма пластин для различных видов конденсаторов и характеристики изменения емкости, длины волны и частоты контура с этими конденсаторами.



Типовая кривая зависимости емкости конденсатора от угла поворота его оси для обычных конденсаторов радиовещательных приемников.

Конденсаторы переменной емкости, применяемые в радиовещательных приемниках

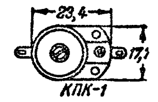
Тип приемника	Количество секций конденсатора	Пределы изменений емкости, *пф*
АРЗ-49, АРЗ-51, „Искра", „Москвич-В" (третий вариант), „Рекорд", „Рекорд-47", „Салют", „Баку"	2	17—500
„Балтика", „Балтика-52", „Аккорд"	2	12—540
„Восток-49", „Электросигнал-2", „Звезда"	2	11—490
„Латвия", „Мир", „Минск-55"	3	12—540
„Минск", „Минск-Р7", „Пионер"	2	12—450
„Минск-С4"	2	15—460
„Москвич", „Москвич-В"	2	10—450
„Москвич В" (второй вариант), „Урал-47", „Урал-49"	2	15—520
„Октябрь"	3	10—510
„Рига Т-755", „Таллин-Б2", VV-662, VV-663	2	10—500
„Рига-6"	2	15—500
„Рига-Б-912"	1	12—500
„Байкал" и др. с диапазоном УКВ	2 2	11—500 8—20

Подстроечные конденсаторы типа КПК

Подстроечные (полупеременные) конденсаторы КПК предназначены для точной подстройки емкости в цепях высокой частоты. Они допускают работу при действующем значении напряжения высокой частоты до 250 *в* или напряжении постоянного тока до 500 *в*. Температурный коэффициент емкости находится в пределах от —200 до -700×10^{-6} на 1° С. По конструкции и габаритным размерам конденсаторы типа КПК делятся на три вида: КПК-1, КПК-2 и КПК-3.

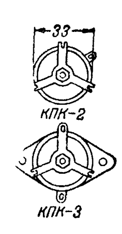
Основные данные конденсаторов КПК-1

Емкость, *пф*	
Минимальная (не более)	Максимальная (не менее)
2	7
4	15
6	25
8	30



Основные данные конденсаторов КПК-2 и КПК-3

Емкость, *пф*	
Минимальная (не более)	Максимальная (не менее)
6	60
10	100
25	150



13-4. ВАРИКОНДЫ

Вариконды — конденсаторы с диэлектриком из сегнетоэлектрика, обладающие способностью изменять емкость при изменении напряженности электрического поля.

Обозначение	Номинальная емкость, *пф*	Допустимое напряжение, *в*	Коэффициент нелинейности (отношение максимальной емкости к номинальной)
ВК1-0	100	250	4—6
ВК1-1	510—1 500	250	4—6
ВК1-2	2 700—5 100	250	4—6
ВК1-3	6 800—12 000	250	4—6
ВК1-Б	150 000—200 000	300	4—6

Номинальная емкость измерена при частоте 50 *гц* и напряжении 5 *в*.

13-5. КАРБОНИЛЬНЫЕ СЕРДЕЧНИКИ

Сердечники из карбонильного железа предназначаются для увеличения индуктивности высокочастотных катушек и изготовляются двух видов: цилиндрические и броневые

Цилиндрические сердечники по конструкции подразделяются на четыре типа СЦР — с резьбой, СЦГ — гладкие, СЦТ — трубчатые, СЦШ — с латунной шпилькой длиной 8—4 *мм*.

Приведенные в таблице значения действующей магнитной проницаемости $\mu_д$ дают величину отношения индуктивности L_1 катушки при

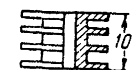
Основные данные цилиндрических карбонильных сердечников

Тип сердечника	Размеры, *мм*		Среднее значение $\mu_д$		Среднее значение Q	
	D	l	Класс А	Класс Б	Класс А	Класс Б
СЦР-1	6	10	1,5	1,7	130	90
СЦР-2	6	19	1,65	1,95	135	92
СЦР-3	7	10	1,6	1,7	130	100
СЦР-4	7	19	1,75	1,95	140	97
СЦР-5	8	10	1,6	1,7	130	105
СЦР-6	8	19	1,8	1,9	145	105
СЦР-7	9	10	1,5	1,65	140	105
СЦР-8	9	19	1,75	1,85	145	110
СЦГ-1	9,3	10	2,1	2,1	160	130
СЦГ-2	9,3	19	2,45	2,35	185	137
СЦТ-1	9,3	10	2	2	160	130
СЦТ-2	9,3	19	2,35	2,2	180	137
СЦШ-1	9,3	10	2	2	130	180
СЦШ-2	9,3	19	2,5	2,5	180	140

Класс А рассчитан на диапазон 200 — 2 000 *кгц*, класс Б — на диапазон 2 — 25 *Мгц*

полностью введенном сердечнике к индуктивности L_2 катушки без сердечника

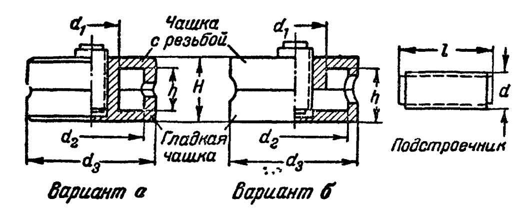
$$\mu_д = \frac{L_1}{L_2}.$$



Каркас эталонной катушки.

Добротность Q измеряется при полностью введенном сердечнике. Приведенные значения $\mu_д$ и Q условные и соответствуют измерениям с катушками определенной конфигурации, принятыми за эталон. В качестве такого эталона применены трехсекционные катушки с многослойной обмоткой из провода ЛЭШО $7 \times 0,7$ на длинных и средних и из провода ПЭ — на коротких волнах. Внутренний диаметр каркаса на 0,2 *мм* больше диаметра соответствующего сердечника, толщина стенок составляет 0,75 *мм*.

Броневые сердечники типа СБ выполняются в двух вариантах: а — с замкнутой и б — с разомкнутой магнитной цепью. Сердечник состоит из чашки с резьбой, гладкой чашки и подстроечника



Размеры броневых карбонильных сердечников

Тип сердечника	Размеры чашек мм					Размеры подстроечника, мм	
	d_1	d_2	d_3	h	H	l	d
СБ-1	6	10	12,3	8,2	10,6	11,5	4
СБ-2	10	18,5	23	6,2	11	13	7
СБ-3	11	18	23	12	17	19	7
СБ-4	13	22	28	17	23	25	8
СБ-5	13,5	27	34	20,4	28	30	8

Основные данные броневых карбонильных сердечников

Тип сердечника	Среднее значение $\mu_д$		Среднее значение Q		Пределы настройки, %
	Класс А	Класс Б	Класс А	Класс Б	
СБ-1а	4,5	—	135	—	22
СБ-2а	3,7	—	225	—	20
СБ-3а	4,6	6,5	240	135	20
СБ-4а	4,7	5,6	210	185	20
СБ-5а	4,5	5	235	180	20
СБ-1б	3	—	95	—	35
СБ-2б	2,7	—	190	—	30

Класс А рассчитан на диапазон 200—2 000 *кгц*, класс Б — на диапазон 50—200 *кгц*.

13-6. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ КАТУШКИ

Типовых высокочастотных катушек для радиовещательных приемников промышленность не выпускает, для разных приемников изготовляются катушки разной конструкции

Для самодельных приемников могут быть изготовлены катушки простой конструкции, данные которых приводятся ниже

Эти катушки рассчитаны для приемника со стандартными диапазонами длинных и средних волн и тремя полурастянутыми диапазонами коротких волн.

Катушки коротких волн наматываются в один слой на цилиндрических каркасах.

Данные высокочастотных катушек

Диапазон	Наименование катушки	Вид намотки	Диаметр каркаса, *мм*	Ширина намотки *мм*	Число витков	Провод	Индуктивность без сердечника, *мкгн*
Короткие волны 1 12,1—9,45 *Мгц* (24,8—31,7 *м*)	Антенная	Однослойная	15	2	4	ПШД 0,2	0,8
	Входного контура	»	15	11	9	ПЭЛ-1 0,8	1,4
	Гетеродина	»	15	11	10 (отвод от 8,5)	ПЭЛ-1 0,8	1,5
Короткие волны 2 7,4—6 *Мгц* (40,5—50 *м*)	Антенная	»	15	2	7	ПШД 0,2	1,7
	Входного контура	»	15	10	12	ПЭЛ-1 0,4	2,7
	Гетеродина	»	15	8	13,5 (отвод от 11,5)	ПЭЛ-1 0,4	2,8
Короткие волны 3 5,75—3,95 *Мгц* (52,2—75,9 *м*)	Антенная	»	15	2	6	ПШД 0,2	1,5
	Входного контура	»	15	15	23	ПЭЛ-1 0,4	6
	Гетеродина	»	15	14	20 (отвод от 17,5)	ПЭЛ-1 0,4	4,9

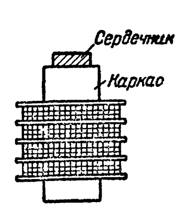
Продолжение

Диапазон	Наименование катушки	Вид намотки	Диаметр каркаса, *мм*	Ширина намотки, *мм*	Число витков	Провод	Индуктивность без сердечника, *мкгн*
Средние волны 1 600—520 *кгц* (187,5—577 *м*)	Антенная	Многослойная внавал	10,5	2	250	ПЭЛ-1 0,1	1 100
	Входного контура	То же	10,5	10	4×34	ЛЭШО 7×0,07	150
	Гетеродина	» »	8,4	4,5	2×39 (отвод от 71)	ПЭЛ-1 0,1	58
Длинные волны 415—150 *кгц* (723—2 000 *м*)	Антенная	» »	10,5	7	4×235	ПЭЛ-1 0,1	9 300
	Входного контура	» »	10,5	10	4×126	ПЭЛ-1 0,1	1 600
	Гетеродина	» »	8,4	7	3×53 (отвод от 147)	ПЭЛ-1 0,1	180
Промежуточная частота 465 *кгц*	Антенного фильтра	„Универсаль“	8,4	10	4×57	ЛЭШО 7×0,07	360
	Трансформатора промежуточной частоты	»	10	10	304	ЛЭШО 7×0,07	640

Катушки длинных и средних волн наматываются внавал на секционированных каркасах. Добротность таких катушек на длинных и средних волнах получается более 100

Все контурные катушки подстраиваются цилиндрическими сердечниками из карбонильного железа диаметром 7 и длиной 19 *мм.*

Радиочастотные контуры настраиваются конденсатором, емкость которого изменяется в пределах 17—500 *пф.*



Вид катушки для длинноволнового или средневолнового диапазона.

Расстояние между намотанными на общих каркасах антенными катушками и соответствующими катушками входных контуров составляет 3,5—5 *мм.*

Конденсаторы в контурах промежуточной частоты имеют емкость 120 *пф,* а конденсатор антенного фильтра — 220 *пф*

Расстояние между катушками в трансформаторах промежуточной частоты 10 *мм.*

Рекомендуемые схемы радиочастотных контуров (с катушками по таблице на стр. 445 и 446).

Диапазон	*Входной контур*	*Гетеродинный контур*
Длинные волны	15	220, 56
Средние волны		550, 15
Короткие волны-3	56, 240	200, 62
Короткие волны-2	56, 240, 91	200, 27, 110
Короткие волны-1	33, 240, 91	200, 110

Катушки с броневыми карбонильными сердечниками

Для частоты 110 *кгц*

Тип сердечника	Марка провода	Число витков	Индуктивность, *мгн*	Добротность	Емкость параллельно подключенного конденсатора, *пф*
СБ-1а	ПЭЛ 0,1	500	5,25	90	400
СБ-2а	ПЭЛ 0,1	310	5,25	100	400
СБ-3а	ПЭЛ 0,1 ПЭЛ 0,15 ПЭЛШО 0,1	480 475 480	10,5 10,5 11	100 150 110	200 200 185
СБ-4а	ПЭЛ 0,1 ПЭЛ 0,2 ПЭЛШО 0,1 ЛЭШО 7×0,07	485 465 465 350	10,5 10,5 10,2 5,25	90 160 90 180	200 200 205 400
СБ-5а	ПЭЛ 0,1 ПЭЛ 0,2 ПЭЛШО 0,1 ЛЭШО 7×0,07	475 460 460 490	10,5 10,5 10,2 10,5	85 160 90 195	200 205 205 200

Для частоты 460 *кгц*

Тип сердечника	Марка провода	Число витков	Индуктивность, *мгн*	Добротность	Емкость параллельно подключенного конденсатора, *пф*
СБ-1а	ПЭЛ 0,1 ПЭЛШО 0,1	167 167	600 600	110 115	200 200
СБ-2а	ПЭЛ 0,1 ПЭЛШО 0,1 ЛЭШО 7×0,7	107 106 67	615 600 240	90 115 200	195 200 500
СБ-3а	ПЭЛ 0,1 ПЭЛ 0,2 ПЭЛШО 0,1 ЛЭШО 7×0,07	108 108 108 108	600 600 600 600	90 125 135 230	200 200 200 200
СБ-4а	ПЭЛ 0,1 ПЭЛ 0,2 ПЭЛШО 0,1 ЛЭШО 7×0,07	112 112 102 112	600 600 600 600	80 155 100 180	200 200 200 200

Продолжение

Тип сердечника	Марка провода	Число витков	Индуктивность, *мгн*	Добротность	Емкость параллельно подключенного конденсатора, *пф*
СБ-5а	ПЭЛ 0,15	108	600	155	200
	ПЭЛ 0,2	108	600	160	200
	ПЭЛШО 0,1	78	300	75	400
	ЛЭШО 7×0,07	77	300	195	400

Для частот 1 и 5 *Мгц*

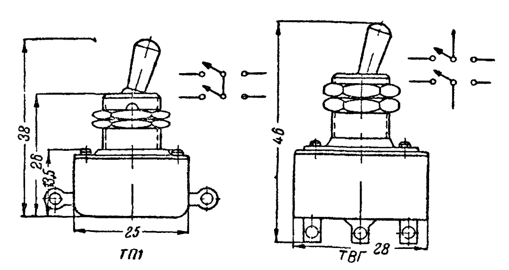
Тип сердечника	Марка провода	Для частоты 1 *Мгц*				Для частоты 5 *Мгц*			
		Число витков	Индуктивность, *мкгн*	Добротность	Емкость параллельно подключенного конденсатора, *пф*	Число витков	Индуктивность, *мкгн*	Добротность	Емкость параллельно подключенного конденсатора, *пф*
СБ-1а	ПЭЛ 0,2	76	118	75	215	16	5,4	120	190
	ПЭЛШО 0,31	—	—	—	—	16	5,5	140	185
	ЛЭШО 7×0,07	54	60,5	130	420	16	5,8	125	175
СБ-2а	ПЭЛ 0,2	49	133	110	190	10	5,8	125	175
	ПЭЛШО 0,31	35	69	105	370	10	5,7	150	180
	ЛЭШО 7×0,07	49	133	245	190	10	5,6	175	180
СБ-3а	ПЭЛ 0,2	52	125	115	200	10	6,1	120	205
	ПЭЛШО 0,31	52	120	100	210	10	5,8	156	210
	ЛЭШО 7×0,07	52	120	190	205	10	6,0	135	205

13-7. ВЫКЛЮЧАТЕЛИ И ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

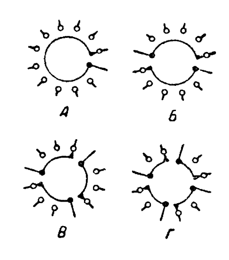
Выключатели мгновенного действия (тумблеры) предназначены для быстрых включений и переключений в цепях постоянного и переменного тока промышленной и низкой частот

Изготовляются в двух вариантах для однополюсного (разрывная мощность 220 *вт*) и двухполюсного (разрывная мощность 110 *вт*) включения.

Переключатели диапазонов изготовляются двух разновидностей на платах из керамики и на платах из гетинакса Как те, так и другие выполняются с несколькими вариантами переключений



Чертежи и схемы выключателей ТП1 (однополюсный) и ТВГ (двухполюсный).



Схемы переключений.
А — один полюс на 11 направлений; *Б* — два полюса на пять направлений; *В* — три полюса на три направления; *Г* — четыре полюса на два направления

Размеры переключателей

Материал платы	Число плат	Расстояние между платами, *мм*	Длина (с осью), *мм*	Материал платы	Число плат	Расстояние между платами, *мм*	Длина (с осью), *мм*
Керамика	2	12,5	97	Гетинакс	2	20	100
	3	12,5	115		3	20	120
	3	20	130		4	12,5	120
	4	12,5	135		4	20	145

l
51
48
2М10
Ф8
4

13-8. ВЫХОДНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Трансформатор от приемника	Рассчитан под лампу	Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя, *ом*	Сечение сердечника, $см^2$	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
				Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
АРЗ-51, АРЗ-52	6П6С	3,25	2,56	2 500	0,1	61	0,51
АРЗ-54	6П6С	5,5	2,56	2 500	0,12	81	0,41
А-695	6Н7С	—	2,85	—	0,1	2×75	0,8
А-5	6П6С	3,3	2,95	2 400	0,15	55	0,74
А-8	6П1П	—	—	2 000	0,15	44+1	0,59
„Аккорд"	6П6С	1,6	—	2 650	0,12	45	0,8
						650	0,12
„Байкал"	6П14П	5,6	—	2 600	0,12	64	0,51
„Баку"	6П3С	3	6,6	2 300+100	0,2	67+3	0,74
„Балтика"	6П3С	2,4	—	2 150	0,15	58	0,8
„Балтика-52"	6П3С	1,6	—	2 150	0,15	45	0,8
„Балтика М-254"	6П6С	1,6	—	2 650	0,12	45	0,8
						650	0,12
„Беларусь"	2×6П3С	11	—	2×1 525	0,14	105	0,72
„Беларусь-53"	2×6П3С	—	8,32	2×1 700	0,12	105	0,72
						550	0,12
„Восток-49"	6П6С	3,2	3,6	2 800	0,12	79	0,64
„Восток-57"	2×6П1П	6,8	—	I—2 600	0,12	3+90	0,64
		2,7		II—2 000	0,12	28	0,51
ВЭФ М-557	6Ф6С	2	—	3 200	0,13	66	0,7

Продолжение

Трансформатор от приемника	Рассчитан под лампу	Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя, *ом*	Сечение сердечника, *см²*	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
				Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
ВЭФ М-697	6П6С	2,4	—	2 150	0,15	58	0,8
„Даугава"	6П3С	2,7	6,0	500+1 500	0,16	65 700	0,7 0,1
„Днепропетровск"	6П3С	—	4,0	2 530	0,12	50 850	0,69 —
„Днiпро-52"	6П6С	3,25	3,84	2 530	0,11	51+20	0,69
„Дорожный"	2П1П	—	1,0	3 550	0,12	60	0,51
„Дружба"	2×6П14П	3,4 5,5	— —	2×1 140 2 000	0,15 0,12	2×70 35	0,38 0,51
„Звезда-54"	6П1П	3,4	—	2 600	0,23	61 1 040	1,0 0,1
„Искра"	2П1П	3,25	2,5	3 500	0,1	80	0,51
„Искра-53"	2П1П	5,5	—	2 650	0,1	75 700	0,51 0,1
„Латвия"	2×6П3С	8	—	2×1 100	0,17	58+57+100	0,7 и 0,17
„Ленинград"	2×6Ф6С	—	—	2×1 850	0,12	85+7+308	0,8 и 0,21
„Ленинградец"	30П1С	3,8	—	1 225+125	0,12	45	0,69
„Минск"	6П6С	—	—	3 000	0,12	70	0,8
„Минск Р-7-55"	6П6С	4	6,0	2 400	0,12	64 576	0,72 0,12

Продолжение

Трансформатор от приемника	Рассчитан под лампу	Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя, *ом*	Сечение сердечника, *см²*	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
				Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
„Минск-55“	2×6П6С	3,4	—	2×1 700	0,2	120	0,74
						625	0,12
„Мир“	2×6П3С	8,75	—	2×1 000	0,18	490+42	1,25
„Мир-М154“	2×6П6С	3,4	8,75	2×1 250	0,15	40	1,25
						420	0,1
„Москвич“	30П1С	3,8	2,88	2 500	0,12	55	0,69
„Москвич-В“, „Кама“	6П6С	3,25	2,56	2 850+150	0,1	60	0,64
„Москвич-3“	6П6С	3,25	2,56	2 850	0,1	60	0,64
„Нева-51“, „Нева-52“	6П3С	3,4	6,4	2×1 300	0,23	80	1
„Нева-55“	2×6П6С	—	6,4	400+2 500	0,2	80	0,8
						600	0,15
„Октябрь“	2×6П6С	3,5	5,82	2×1 200	0,15	38	1,35
						5+400	0,15
„Пионер“	6Ф6С	3	—	3 500	0,14	78	0,8
„Рекорд-47“, АРЗ 49	30П1С	3,25	2,56	2 000+200	0,12	87	0,59
„Рекорд-52“	6П6С	3,25	2,56	2 600+200	0,12	66	0,51
„Рекорд-53М	6П6С	5,6	2,88	2 600+200	0,12	90	0,41
„Рига Б-912“	2П1П	2,8	3,5	2 360	0,12	28	0,6
„Рига-6“	6П6С	2,65	3,8	2 800	0,15	70	0,64

Продолжение

Трансформатор от приемника	Рассчитан под лампу	Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя, *ом*	Сечение сердечника, *см²*	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
				Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
„Рига 10“	2×П6С	12	6	2×1 200	0,15	96+96	0,44
„Рига Т 689“	6П3С	12	—	2 500	0,18	95+105	0,4
„Родина“, „Родина 47“ („Электросигнал 3“)	2×2Ж2М	3	3,2	2×3 000	0,1	33	0,8
„Родина 47“ (вып. 1950 г.)	2×2Ж2М	3	3,2	2×3 000	0,1	50	0,64
„Родина 52“	2×2П1П	3	2,16	2×1 750	0,1	50 и 1 200	0,64 и 0,1
„Салют“	6Ф6С	3	5	4 000	0,13	86	0,6
„Таллин Б-2“	2П1П	—	3,5	4 800	0,15	83	0,8
„Тула“	2П1П	4	—	2 500	0,09	60	0,55
„Урал 47“	6Ф6С	3	4	2 700	0,15	63	0,69
„Урал 49“	6П6С	3,8	4	2 043+570+85	0,15	73	0,8
„Урал 52“	6П3С	3,4	—	2 045+655	0,15	73	0,8
„Чайка“	6П3С	3,4	7,25	600+1 650	0,15	64	0,8
„Эстония“	2×6П1П	1,2	—	2×800	0,18	13 300	1,0 0,18
„Электросигнал 2“	6П3С	3	—	1 360+840	0,13	56	0,9
VV 663	6П6С	2,5	3,9	2×1 625	0,2	80 и 160	0,8 и 0,2
6Н-25	2×6Ф6С	1,7	5	2×2 000	0,13	32	0,5

ГЛАВА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

14-1. ПРОВОДНИКИ

Основные свойства некоторых проводников

Материал	Удельное сопротивление (при $t = 20°$ C) ом мм²/м	Сопротивление по сравнению с медью $\frac{\rho}{\rho_{меди}}$	Температурный коэффициент сопротивления $\frac{\Delta r}{r}$ на 1° C	Удельный вес, г/см³	Температура плавления, °C
Алюминий	0,026	1,5	0,004	2,7	660
Бронза фосфористая	0,115	6,6	0,004	8,8	900
Вольфрам	0,055	3,1	0,005	19,3	3 370
Золото	0,024	3,3	0,0037	19,3	1 060
Константан	0,49	28	0,000004	8,9	1 600
Латунь	0,07	4	0,002	8,5	900
Манганин	0,42	24	0,000008	8,4	1 200
Медь электротехническая	0,0175	1	0,004	8,9	1 080
Никель	0,07	4	0,006	8,8	1 450
Нихром	1,1	63	0,00015	8,2	1 400
Олово	0,11	6,3	0,0044	7,3	230
Платина	0,1	5,7	0,003	21,4	1 770
Ртуть	0,958	5,5	0,0009	13,6	—39
Свинец	0,21	12	0,004	11,4	330
Серебро	0,016	0,92	0,0036	10,5	960
Сталь	0,1	5,7	0,006	7,8	1 520
Цинк	0,06	3,4	0,004	7,1	420

Определение сечения, веса и сопротивления проводов из разных материалов

Сечение S провода при данном его диаметре определяется в квадратных миллиметрах непосредственно по графику (стр. 456).

Сопротивление R 1 *м* провода данного диаметра в омах определяется следующим образом: находят по графику коэффициент K, соответствующий диаметру провода, и умножают его на величину удельного сопротивления ρ материала провода.

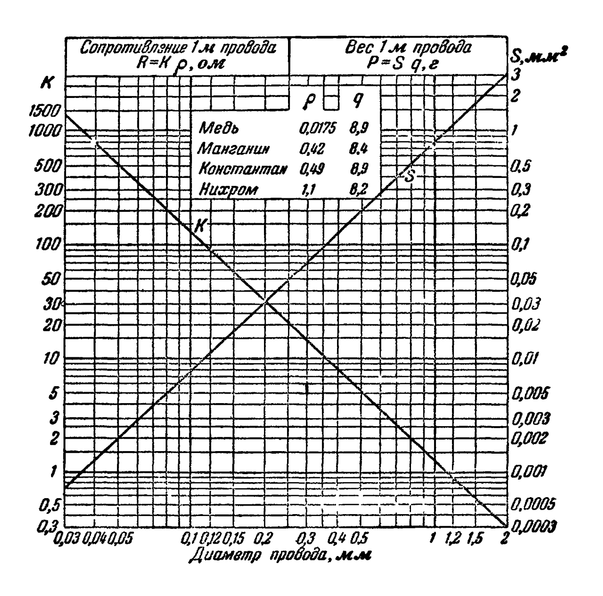
Вес P 1 *м* голого провода в граммах определяется как произведение удельного веса q на сечение S.

Пример 1. Материаль провода — медь, диаметр провода 0,08 *мм*

Находим:

$$S = 0{,}005, \quad P = 8{,}9 \cdot 0{,}005 = 0{,}045 \text{ г};$$

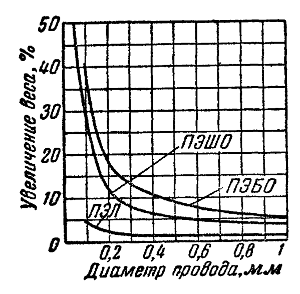
$$K = 200; \quad R = 200 \cdot 0{,}0175 = 3{,}5 \text{ ом}.$$



Пример 2. Материал провода — нихром, диаметр провода 0,3 *мм*. *Находим*:

$$S = 0{,}07; \quad P = 8{,}3 \cdot 0{,}07 = 0{,}57 \ г;$$

$$K = 14; \quad R = 14 \cdot 1{,}1 = 15{,}4 \ ом.$$



Относительное увеличение веса провода в изоляции.

Ток плавления проводов

Для тонкой проволоки (0,02—0,2 *мм*) сжигающий ток (в амперах)

$$I = \frac{d - 0{,}05}{k},$$

где d — диаметр провода, *мм*;
k — коэффициент, зависящий от материала.

Материал	k
Серебро	0,031
Медь	0,034
Никелин	0,06
Сталь	0,127

Наиболее употребительные провода

Обмоточные провода медные

ЛЭШО — Литцендрат (высокочастотный провод) с Эмалированными жилами, изолированными Шелковой обмоткой в Один слой.

ЛЭШД — Литцендрат с Эмалированными жилами, изолированный Шелковой обмоткой в Два слоя.

ПБО — Провод, изолированный хлопчатоБумажной обмоткой в Один слой.

ПБД — Провод, изолированный хлопчатоБумажной обмоткой в Два слоя.

ПБОО — Провод с хлопчатоБумажной обмоткой в Один слой и в Оплетке.

ПШД — Провод, изолированный обмоткой из Шелка в Два слоя.

ПШКД — Провод, изолированный обмоткой из Шелка Капрон в Два слоя.

ПЭВ — Проволока, Эмалированная Винифлексной эмалью.

ПЭЛ — Проволока Эмалированная Лакостойкая.

ПЭЛУ — Проволока Эмалированная Лакостойкая с Утолщенной изоляцией.

ПЭТ — Проволока Эмалированная лакостойкая с повышенной Теплостойкостью.

ПЭЛБО — Провод Эмалированный Лакостойкий с хлопчатоБумажной обмоткой в Один слой.

ПЭЛБД — Провод Эмалированный Лакостойкий с хлопчатоБумажной обмоткой в Два слоя.

ПЭЛШО — Провод Эмалированный Лакостойкий с обмоткой из натурального Шелка в Один слой.

ПЭЛШД — Провод Эмалированный Лакостойкий с обмоткой из натурального Шелка в Два слоя.

ПЭЛКО — Провод Эмалированный Лакостойкий с обмоткой из утолщенного шелка Капрон в Один слой.

ПЭЛШКО — Провод Эмалированный Лакостойкий с обмоткой из Шелка Капрон в Один слой.

ПЭЛШКД — Провод Эмалированный Лакостойкий с обмоткой из Шелка Капрон в Два слоя.

Провода обмоточные константановые и манганиновые

ПЭК — Провод Эмалированный Константановый.

ПЭШОК — Провод Эмалированный с Шелковой обмоткой в Один слой Константановый.

ПЭБОК — Провод Эмалированный с хлопчатоБумажной обмоткой в Один слой Константановый.

ПШДК — Провод, изолированный Шелковой обмоткой в Два слоя, Константановый.

ПЭМТ — Провод Эмалированный Манганиновый Твердый.

ПЭММ — Провод Эмалированный Манганиновый Мягкий.

ПЭШОМТ — Провод Эмалированный с Шелковой обмоткой в Один слой, Манганиновый Твердый.

ПЭШОММ — Провод Эмалированный с хлопчатоБумажной обмоткой

в Один слой Манганиновый Мягкий
ПШДМТ — Провод, изолированный Шелковой обмоткой в Два слоя, Манганиновый Твердый
ПШДММ — Провод, изолированный Шелковой обмоткой в Два слоя, Манганиновый Мягкий

Монтажные провода

ММ — проволока Медная Мягкая
МР — провод Монтажный однопроволочный с Резиновой изоляцией
МРГ — провод Монтажный с Резиновой изоляцией Гибкий
МРГП — провод Монтажный с Резиновой изоляцией Гибкий в хлопчатобумажной оплетке, Пропитанной парафином
МРГПЭ — провод Монтажный с Резиновой изоляцией Гибкий в хлопчатобумажной оплетке, Пропитанной парафином, Экранированный
МРГЛ — провод Монтажный с Резиновой изоляцией Гибкий в Лакированной хлопчатобумажной оплетке
ПМВ — Провод Монтажный однопроволочный с Винилитовой изоляцией
ПМОВ — Провод Монтажный с хлопчатобумажной Обмоткой в Винилитовой изоляции
ПМВГ — Провод Монтажный с хлопчатобумажной обмоткой в Винилитовой изоляции Гибкий с многопроволочной жилой
ПВ — Провод с полихлорВиниловой изоляцией однопроволочный
ПГВ — Провод с полихлорВиниловой изоляцией Гибкий многопроволочный
МШВ — провод Монтажный с Шелковой обмоткой однопроволочный в Винилитовой изоляции
МГШВ — провод Монтажный с многопроволочной жилой Гибкий с Шелковой обмоткой и в Винилитовой изоляции
МГШД — провод Монтажный Гибкий, изолированный Шелковой обмоткой в Два слоя
МГШДО — провод Монтажный Гибкий, изолированный Шелковой обмоткой в Два слоя и Оплеткой из натурального шелка
МЦБЛ — провод Монтажный гибкий, изолированный пленкой из Целлофана, со слоем стекловолокна в хлопчато Бумажной оплетке Лакированный
МЦШЛ — провод Монтажный гибкий, изолированный пленкой из Целлофана, со слоем стекловолокна в Шелковой оплетке Лакированный
МЦСЛ — провод Монтажный с гибкой жилой, изолированный пленкой из Целлофана со слоем стекловолокна в оплетке из Стекловолокна Лакированный
МГСЛ — провод Монтажный Гибкий с обмоткой и оплеткой из Стекловолокна Лакированный
МГББЛ — провод Монтажный Гибкий с хлопчатоБумажной обмоткой и хлопчатоБумажной оплеткой Лакированный
ЛПРГС — Лакированный Провод с Резиновой изоляцией Гибкий для электрооборудования Самолетов
ЛПРГСЭ — Лакированный Провод с Резиновой изоляцией Гибкий для электрооборудования Самолетов Экранированный.

АОЛ — провод Автомобильный в хлопчатобумажной Оплетке Лакированный.
РПО — провод многожильный в Резиновой изоляции с пропитанной Противогнилостным составом хлопчатобумажной Оплеткой.
РПОЭ — провод многожильный в Резиновой изоляции с пропитанной Противогнилостным составом хлопчатобумажной Оплеткой Экранированный.
РПШ — многожильный в Резиновой изоляции Провод в резиновом Шланге.
РПШЭ — многожильный в Резиновой изоляции Провод в резиновом Шланге Экранированный
ПР — Провод одножильный в Резиновой изоляции с оплеткой пропитанной противогнилостным составом.
ШР — Шнур двухжильный с Резиновой изоляцией.
ШПРО — Шнур Плоский с Резиновой изоляцией в хлопчатобумажной Оплетке.
ШПВ — Шнур Плоский с хлорВиниловой изоляцией.
ПВГ — Провод Высокого напряжения с резиновой изоляцией Гладкий.
ПВЛ-2 — Провод Высоковольтный в резиновой изоляции и хлопчатобумажной оплетке с Лаковым покрытием повышенной теплостойкости.
ПВЛЭ-2 — Провод Высоковольтный с резиновой изоляцией в хлопчатобумажной оплетке с Лаковым покрытием повышенной теплостойкости Экранированный.
РК — Радиочастотный Концентрический кабель (коаксиальный). Выпускается нескольких типов различающихся цифрой, например. РК-1, РК-2, РК-3 и т. д.
РД — Радиочастотный Двойной кабель. Выпускается нескольких типов, различающихся цифровыми обозначениями, например: РД-13, РД-14 и т. д.

Номинальные значения диаметра

обмоточных проводов, *мм*

0,05	0,17	0,38	0,67	1,04	1,62	3,05
0,06	0,18	0,41	0,69	1,08	1,68	3,28
0,07	0,19	0,44	0,72	1,12	1,74	3,53
0,08	0,20	0,47	0,74	1,16	1,81	3,80
0,09	0,21	0,49	0,77	1,20	1,88	4,1
0,10	0,23	0,51	0,80	1,25	1,95	4,5
0,11	0,25	0,53	0,83	1,30	2,02	4,8
0,12	0,27	0,55	0,86	1,35	2,10	5,2
0,13	0,29	0,57	0,90	1,40	2,26	
0,14	0,31	0,59	0,93	1,45	2,44	
0,15	0,33	0,62	0,96	1,50	2,63	
0,16	0,35	0,64	1,00	1,56	2,83	

Номинальные значения сечения монтажных проводов, *мм²*

Провод	0,05	0,07	0,1	0,14	0,2	0,25	0,35	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	2,5
МР							×	×	×	×		×		×
МРГ							×	×	×	×		×		
МРГП							×	×	×	×		×		×
МРГПЭ							×	×	×	×		×		
МРГЛ							×	×	×	×		×		
ПМВ					×			×	×					
ПМОВ					×		×	×	×					
ПМВГ							×	×	×					
ПВ									×	×		×		×
ПГВ									×	×		×		×
МШВ		×			×			×	×			×		
МГШВ				×			×	×	×			×		
МГШД	×	×	×		×		×	×						
МГШДО	×	×	×		×		×	×						
МЦБЛ							×	×	×	×	×	×	×	
МЦШЛ							×	×	×	×	×	×	×	
МЦСЛ							×	×	×	×	×	×	×	
МГСЛ							×	×						
МГЬБЛ							×	×						
ЛПРГС								×	×	×		×		×
ЛПРГСЭ								×	×	×		×		×
АОЛ												×		
РПО							×	×	×	×		×		×
РПОЭ							×	×	×	×		×		×
РПШ							×	×	×	×		×		×
РПШЭ							×	×	×	×		×		×
ПР								×	×	×		×		×
ШР								×	×	×		×		×
ШПРО							×	×	×					
ШПВ							×	×	×					
ПВГ											×			
ПВЛ-2											×			
ПВЛЭ-2											×			

14-2. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Магнитно-мягкие материалы

Магнитно-мягкие материалы обладают высокой магнитной проницаемостью, небольшой коэрцитивной силой и малыми потерями на гистерезис. Для изготовления сердечников катушек и трансформаторов эти материалы используются в виде тонких листов или мелкого порошка с промежуточной изоляцией между листами или отдельными зернами порошка.

Листовая электротехническая сталь выпускается различных марок, обозначения которых связаны с содержанием в ней

кремния, цифра, стоящая за буквой Э, указывает округленно процентное содержание кремния, вторая цифра характеризует сталь с точки зрения потерь при перемагничивании, при этом цифры 1, 2 и 3 относятся к сталям, для которых потери нормируются при частоте 50 *гц* и в сильных полях, цифра 4 — при частоте 400 *гц* и в полях средней напряженности, цифры 5 и 6 — к сталям, предназначенным для работы в слабых полях, цифры 7 и 8 указывают, что определяющим свойством стали является магнитная проницаемость в полях средней напряженности

Кремнистая холоднокатаная сталь высокой проницаемости выпускается в виде более тонких листов, чем электротехническая (до 0,03 *мм*), и обладает значительно лучшими магнитными свойствами в направлении проката (по длине листа) Условное обозначение холоднокатаных сталей строится так же, как указано выше, и отличается добавлением третьей цифры — 0

Железоникелевые сплавы (пермаллой, гиперм) обладают весьма большим значением магнитной проницаемости в области слабых полей, но сердечники из них не допускают большого тока подмагничивания, так как при наличии сильного постоянного магнитного поля проницаемость их резко уменьшается Проницаемость пермаллоя и гипермов значительно падает также с повышением частоты.

Свойства магнитно-мягких материалов (для низких частот)

Наименование материала	Магнитная проницаемость μ, *гс/э*		Коэрцитивная сила $H_к$, *э*
	начальная (μ_0)	максимальная ($\mu_{макс}$)	
Техническое чистое железо (Армко)	250	7 000	0,3
Электротехническая сталь марок Э44, Э47	300—400	6 000—7 500	0,4
Холоднокатаная сталь высокой проницаемости (в среднем)	500	16 000	0,2
Пермаллой (МО)	20 000	75 000	0,05
Гиперм 50	3 400	28 000	0,05—0,1
Гиперм 766	14 000	15 000	0,01—0,06

Магнитодиэлектрики или высокочастотные ферромагнетики используются для изготовления сердечников высокочастотных катушек.

Детали из магнитодиэлектриков получаются путем прессования порошкообразного ферромагнетика (карбонильного железа, альсифера или магнетита) со связующими веществами (бакелитом, полистиролом и др)

Магнитная проницаемость магнитодиэлектрика как материала измеряется на замкнутом сердечнике — тороиде Действующая величина проницаемости сердечника зависит от его формы и оказывается всегда более низкой, чем проницаемость материала.

Свойства некоторых высокочастотных ферромагнетиков

Наименование ферромагнетика	Магнитная проницаемость материала μ	Температурный коэффициент магнитной проницаемости ТКμ на 1° С
Прессованное карбонильное железо . .	8—11	$+2\cdot10^{-5}$
Прессованный альсифер радиочастотный	6—9	$-4\cdot10^{-5}$
Прессованный магнетит	7	$+15\cdot10^{-5}$
Оксифер 200*	180—220	—
Оксифер 400	360—400	—
Оксифер 500	500—550	—
Оксифер 600	550—600	—
Оксифер 1000	800—1 200	—
Оксифер 2000	1 800—2 400	—

* Оксифер (феррит) представляет собой магнитную керамику, получается спеканием ферромагнитного порошка при высокой температуре.

Действующие значения магнитной проницаемости выпускаемых промышленностью карбонильных сердечников разной конфигурации приведены на стр. 443 .

Магнитно-твердые материалы

Магнитно-твердые (магнитно-жесткие) материалы отличаются высокой коэрцитивной силой и применяются для изготовления постоянных магнитов. Качество магнита характеризуется энергией, которую развивает единица объема (1 $см^3$) магнитного материала во внешнем пространстве, и выражается как максимальная величина $\frac{HB}{8\pi}$, получаемая из кривой размагничивания.

Свойства некоторых магнитно-твердых материалов

Материал магнита	Коэрцитивная сила $H_к$, эрс	Остаточная индукция B, гс	Максимальное значение $\frac{HB}{8\pi}$
Хромистая сталь ЭЕХЗА . .	60	9 000	11 000
Вольфрамовая сталь ЭЕВА .	60	10 000	12 000
Молибденовая сталь	65	10 000	—
Кобальтовая сталь ЭЕКЗО . .	220	9 000	37 000
Сплав альни[1]	550	5 500	52 000
Сплав альниси[1]	800	4 000	56 000
Сплав альнико[1]	500	7 000	61 000
Сплав магнико[1]	550	12 500	190 000

[1] Обработка магнитов из этих сплавов возможна только шлифованием.

14-3. ДИЭЛЕКТРИКИ

Диэлектрическая проницаемость ε (или диэлектрическая постоянная) — величина, показывающая, во сколько раз увеличится емкость воздушного конденсатора, если пространство между его обкладками заполнить вместо воздуха данным диэлектриком.

Диэлектрическая проницаемость всех диэлектриков больше единицы. Для использования в конденсаторах выгодно применять диэлектрики с большим ε, так как это позволяет получать бо́льшую емкость при тех же размерах конденсатора. Для пропитки катушек, особенно высокочастотных, следует, наоборот, применять материалы с малым ε, чтобы не увеличивать вредной собственной емкости катушки.

Основные свойства некоторых диэлектриков (средние значения)

Материал	Диэлектрическая проницаемость ε	Тангенс угла диэлектрических потерь tg δ	Теплостойкость, °С	Удельный вес, г/см³
Аминопласт	8	0,1	100	1,3
Асбест	—	—	400	2,5
Бакелит (в стадии С)	4,5	0,01	—	1,25
Береза сухая	3,5	0,02	—	0,7
Битум	3	0,01	30—175	1,1
Воск пчелиный	2,8	0,0025	65	0,97
Головакс	5	0,008	110	1,6
Канифоль	3	0,005	85	1,08
Капрон	3,8	0,03	90	1,2
Карболит	4,5	0,09	110	1,4
Кремнийорганические материалы	3	0,0008*	200	—
Лакоткань черная	3,5	0,1	105	1,1
Лакоткань светлая	4	0,1	105	1,1
Микалекс	9	0,002	400	3
Мрамор	9	0,01	100	2,7
Озокерит	2,9	0,0004	75	0,94
Парафин	2,3	0,0005	50	0,92
Пирофиллит	6	0,007	1 000	2,5
Плексиглас	3,5	0,06	60	1,2
Полистирол	2,5	0,0002	65	1,05
Политетрафторэтилен (тефлон)	2	0,0002	До 200	2,2
Полихлорвинил	4	0,04	65	1,6
Полиэтилен (политен)	2,2	0,0003	70	0,94
Радиостеатит	7	0,0008	1 000	2,8
Радиофарфор	6,5	0,0005	1 000	2,6
Резина	4	0,03	50	1,5
Слюда	7	0,0004	500	2,8
Стекло	8	0,004*	1 000*	3*
Текстолит	4	—	120	1,4
Тиконд	100*	0,0006	1 000	4

Продолжение

Материал	Диэлектрическая проницаемость ε	Тангенс угла диэлектрических потерь tg δ	Теплостойкость, °C	Удельный вес, г/см³
Фарфор электротехнический	6	0,01	1000	2,4
Фибра	5*	0,07	100	1,2
Целлулоид	3,5	0,1	50	1,7
Церезин	2,2	—	75	0,95
Шелк натуральный	4,5	0,02	100	—
Шеллак	3,5	0,01	85	1,03
Эбонит	3,5	0,01	70	1,25
Электрокартон	3,5	0,03	100	2
Эскапон	2,7	0,0005	110	1

* Колеблется в широких пределах для разных сортов.

Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости ТКε — величина, показывающая относительное изменение ε при изменении температуры на 1° С. Положительный ТКε указывает на то, что с повышением температуры величина ε возрастает, а отрицательный ТКε — на то, что с повышением температуры ε уменьшается. Вместе с изменением ε происходит и соответствующее изменение емкости конденсатора, в котором использован диэлектрик.

Диэлектрические потери — потери энергии, происходящие в диэлектрике, помещенном в переменное электрическое поле Теряемая энергия расходуется на нагревание диэлектрика. Потери увеличиваются с повышением частоты.

Тангенс угла потерь tg δ — показатель, характеризующий величину потерь в диэлектрике. Чем меньше tg δ, тем лучше диэлектрик. У хороших диэлектриков tg δ измеряется тысячными, а у наиболее высококачественных — десятитысячными долями единицы.

Электрическая прочность характеризует способность диэлектрика выдерживать без пробоя высокое электрическое напряжение Для большинства диэлектриков напряжение, при котором происходит пробой, выражается величиной в несколько киловольт (а для многих — даже в несколько десятков киловольт) на 1 *мм* толщины диэлектрика

Электропроводность диэлектриков. Электроизолирующие материалы, применяемые в технике, не являются абсолютно совершенными диэлектриками и обладают некоторым, хотя и очень большим, сопротивлением, Различают.

удельное объемное сопротивление, выражаемое в *ом/см* и характеризующее способность диэлектрика проводить постоянный ток сквозь всю свою толщу, сквозь весь объем, занимаемый диэлектриком,

удельное поверхностное сопротивление, выражаемое в омах и характеризующее способность диэлектрика проводить ток по своей поверхности.

Потери, вызываемые наличием электропроводности, входят в общую величину потерь, учитываемых tg δ данного диэлектрика.

30—489

14-4. ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ЛАКИ И ЭМАЛИ

Наименование	Назначение и область применения	Состав пленкообразующей основы	Состав растворителя	Способ и температура сушки, °С	Время сушки, ч
Асфальтовый лак (№ 4460)	Влаго- и теплостойкий лак для пропитки деталей аппаратуры, работающей на воздухе	Масло — 27%, битум — 31%, смола — 0,9%, сиккатив — 0,1%	Скипидар — 5%, ксилол — 36%	Печная, 100 — 110	3
Бакелитовый лак	Пропитка обмоток силовых и низкочастотных трансформаторов и дросселей, неответственных катушек индуктивности. Теплостойкий лак	Бакелитовая смола А 50 — 80%	Спирт-сырец или денатурат 50 — 20%	Печная, 110 — 115	5 — 6
Глифталемасляный лак (№ 1230)	Пропитка обмоток силовых трансформаторов. Теплостойкий лак	Смесь глифталя и льняного масла — 40%	Бензин, уайт-спирит — 60%	Печная, 105	3
Глифталевый лак (№ 1154)	Пропитка обмоток трансформаторов, изделий из карболита и дерева. Теплостойкий клеящий лак	Глифталевая смола, льняное масло и канифоль — 45 — 50%	Толуол, уайт-спирит — 55—50%	Печная, 100	2 — 4
Масляный лак (№ 320)	Пропитка катушек, трансформаторов и дросселей, а также бумаги. Влаго- и теплостойкий лак	Льняное масло—59%, смола — 9%	Скипидар — 32%	Печная, 80 — 90	5 — 6

Продолжение

Наименование	Назначение и область применения	Состав пленкообразующей основы	Состав растворителя	Способ и температура сушки, °С	Время сушки, ч
Нитроцеллюлозный лак	Покрытие металлических и деревянных частей аппаратуры. Нетеплостойкий лак	Нитроцеллюлоза — 15 — 40%	Ацетон, амилацетат, этилацетат — 85 — 60%	Воздушная, 15 — 25	0,2
Полистирольный лак	Влагостойкий нетеплостойкий лак для покрытия и пропитки высокочастотных катушек, а также склеивания изделий из полистирола	Полистирол — 15 — 50%	Смесь бензола и ксилола 85—50%	Воздушная, 15 — 25	6
Шеллачный лак	Склеивание и пропитка каркасов катушек, отделка деревянных изделий	Шеллак — 58 и 15%	Спирт этиловый (винный) 42 и 85%	Воздушная, 15 — 25	1
Эмаль красная (ХЭМЗ Л2464)	Окраска токоведущих частей аппаратуры. Теплостойкая	Смесь глифталемасляных и нитроцеллюлозных лаков, железный сурик	Смесь толуола и бутилацетата	Воздушная, 15 — 25	3
Эмаль серая (СВД)	Покрытие различных изделий из металла и дерева. Нетеплостойкая	Глифтале-масляный лак № 1230 — 3%, литопон — 13 — 35%	Смесь толуола и уайт-спирита 40%	Воздушная, 15 — 25	18

14-5. КЛЕИ

Наименование	Назначение и область применения	Состав и приготовление	Способ пользования
Клей БФ (БФ-2, БФ-4, БФ-6)	Склеивание металлов, пластмасс, керамики, волокнистых материалов, бумаги, картона (БФ-2 и БФ-4) и тканей (БФ-6)	Готовый состав	БФ-2 — для теплостойких, жестких швов, БФ-4 — для эластичных швов. Склеиваемые поверхности тщательно очищаются и обезжириваются. Склеенные места прогреваются для затвердевания шва при температуре 140—160° С в течение 25—30 *мин*. Склеиваемые ткани проглаживаются утюгом
Целлулоидный клей	Склеивание пленок и изделий из целлулоида	Мелко нарезанная целлулоидная пленка, растворенная в ацетоне, густота клея — по необходимости	Шов сильно сжать. После склеивания сушить на воздухе при комнатной температуре в сжатом состоянии
Клей для плексигласа	Склеивание изделий из плексигласа (оргстекла)	Мелкая крошка или стружка из плексигласа — 0,5—1%, растворенная в дихлорэтане	Очищенные и смазанные клеем поверхности сильно сжимаются и выдерживаются в сжатом состоянии 24 *ч* при комнатной температуре
Клей столярный	Склеивание дерева и картона	1 часть клея выдержать в 2 частях воды (по объему) 12 *ч*. Затем нагревать при температуре 75—80° С до полного растворения	Склеивать клеем, разогретым до 70° С. Склеенный шов выдержать сутки под прессом
Клей казеиновый	Склеивание дерева и картона	1 часть клея всыпать, постепенно перемешивая, в 1,2 части воды. После начала загустевания раствора добавить еще 0,8 части воды	Склеиваемые поверхности соединить через несколько минут после нанесения клея и выдержать 3—10 *ч* под прессом

ГЛАВА ПЯТНАДЦАТАЯ

СПРАВКИ

15-1. АДРЕСА ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Центральный комитет ДОСААФ. Отдел радиоподготовки и радиоспорта. Адрес: Москва, Тушино.

Центральный радиоклуб ДОСААФ: Москва, Сретенка, 26/1.

15-2. ЛИТЕРАТУРА, ВЫПУСКАЕМАЯ ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

«Радио» — ежемесячный научно-популярный радиотехнический журнал.

Адрес редакции Москва, Б-66, Ново-Рязанская, 26.

Книги и брошюры для радиолюбителей выпускают систематически следующие издательства:

Госэнергоиздат — издает с 1947 г. «Массовую радиобиблиотеку».

Адрес издательства: Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Связьиздат — издает «Библиотеку радиолюбителя»

Адрес издательства. Москва, центр, Чистопрудный бульвар, 2.

Издательство ДОСААФ — издает серии «В помощь радиолюбителю-конструктору», «В помощь начинающему радиолюбителю» и другие книги для радиолюбителей и коротковолновиков.

Адрес: Москва, Б-66, Ново-Рязанская, 26.

Популярную радиотехническую литературу эпизодически выпускают издательства:

«Молодая гвардия» — Москва, центр, Сущевская ул., 21.

Воениздат — Москва, Д-47, Тверской бульвар, 18

Гостехиздат — Москва, В-71, Б. Калужская ул., 18.

Детгиз — Москва, центр, М. Черкасский пер., 1.

15-3. КАК ВЫПИСАТЬ КНИГИ ПО РАДИОТЕХНИКЕ

Книги, выходящие массовым тиражом, высылают наложенным платежом (без задатка) «Книга-почтой».

Заказы можно направлять по адресам:

1. Москва, В-218, 5-я Черемушкинская ул., 14, магазин № 93, «Книга-почтой».

2. Москва, Ж-88, Шарикоподшипниковская ул., корпус 7, магазин № 62 Москниготорга, «Книга-почтой».

3 Москва, 2, Арбат, 21, магазин «Военная книга»

Отделения «Книга-почтой» имеются во всех республиканских, краевых и областных центрах СССР. Заказ следует адресовать так название республиканского, краевого или областного центра, Книготорг, отделению «Книга-почтой».

Литературу по вопросам связи и радио, выпускаемую Связьиздатом и имеющуюся в наличии, высылает центральная розничная кон-

тора Союзпечати «Книга-почтой» Заказы следует направлять по адресу Москва К 9, Страстной бульвар, 10

Рекомендуем выписывать книги текущего года, так как популярная радиотехническая литература прошлых лет давно уже распродана Издательства, а тем более типографии, литературы не высылают

Планы издательств, выпускающих литературу для радиолюбителей, ежегодно публикуются в первых номерах журнала «Радио»

Книги в адрес «Полевая почта» и «До востребования» высылаются только по получении стоимости книг и стоимости пересылки их почтой.

15-4 ОТКУДА МОЖНО ВЫПИСАТЬ РАДИОТОВАРЫ

Радиотовары высылает центральная торговая база «Союзпосылторг» (и ее отделения) согласно прейскуранту, который имеется для ознакомления во всех почтовых отделениях

Заказы на радиодетали выполняет центральная торговая база по дополнительному списку.

Прейскурант и дополнительный список на радиодетали можно выписать непосредственно с базы, выслав в ее адрес за пересылку 60 коп почтовыми марками.

Адрес центральной торговой базы «Союзпосылторга» Москва, Е-233, Авиамоторная ул, 50.

Отделения центральной торговой базы «Союзпосылторга» находятся в городах Свердловск (ул. Урицкого, 1), Новосибирск (Советская ул, 8), Ростов-на-Дону (Московская ул, 122); Ташкент (ул. Островского, 3).

15-5 ГДЕ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКУЮ КОНСУЛЬТАЦИЮ

Письменную радиотехническую консультацию дает редакция журнала «Радио» — только по радиолюбительским конструкциям, описания которых помещены в журнале

Адрес редакции Москва, Б 66, Ново Рязанская ул, 26.

Радиослушатели и начинающие радиолюбители могут получить консультацию в отделе науки и техники Государственного комитета по радиовещанию и телевидению при Совете Министров СССР по адресу Москва, Радио, отдел науки и техники, радиоконсультация

Вопросы в письмах, направляемых в консультации, надо излагать кратко и ясно Если тематика вопросов различна, то каждый вопрос следует написать на отдельном листе и под каждым вопросом указать свою фамилию и адрес.

Для ответа на письмо следует вложить конверт с надписанным адресом отправителя и наклеенной почтовой маркой

Устную консультацию по радиотехнике можно получить во всех радиоклубах ДОСААФ В Москве, — в Центральном радиоклубе (Сретенка, Селиверстов пер, 1 тел К 5-92 71) и в Московском городском радиоклубе (Рыбный пер, 2, помещение 44, тел В-3 79 42)

Устная консультация дается также на всех радиоузлах Министерства связи.

15-6 ГДЕ МОЖНО ЗАКАЗАТЬ ФОТОКОПИИ СТАТЕЙ, СХЕМ И ОТДЕЛЬНЫХ СТРАНИЦ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЕ

1 Ленинград, 11, Садовая ул, 18, Государственная библиотека имени Салтыкова Щедрина, Отдел внешнего обслуживания

Стоимость фотокопии с одной страницы (белое изображение на черном фоне) размером 9×12 *см* — 1 руб, 13×18 *см* — 1 р 40 к, 18×24 *см* — 1 р 90 к

Запросы направляйте заказным письмом, точно указав фамилию автора книги или статьи название и том книги, страницы или название и номер журнала, год издания, название журнальной статьи и номера страниц, с которых Вы желаете получить фотокопии

Одновременно с заказом должен быть послан денежный перевод по адресу Ленинград, Куйбышевское отделение Госбанка, расчетный счет Отдела внешнего обслуживания Государственной библиотеки имени Салтыкова Щедрина № 93013

Почтовую квитанцию о сделанном переводе (или копию с квитанции, заверенную на почте) необходимо выслать вместе с заказом в Отдел внешнего обслуживания библиотеки

2 Москва Ж 74, площадь Ногина, 2/5, фотолаборатория Государственной научной библиотеки (ГНБ)

Стоимость фотокопии с одной страницы (черное изображение на белом фоне) размером 9×12 *см* — 78 коп, 13×18 *см* — 98 коп Заказы выполняются наложенным платежом без задатка и предварительной оплаты

3 Институт научной информации Академии наук СССР (Москва, Д 219 Балтийский поселок, 42/6) высылает по подписке репродукции иностранных периодических изданий Выполняет фоторепродуцирование и съемку микрофильмов с наиболее ценных иностранных научных и научно технических изданий По запросам высылает перечни перепечатываемых изданий и бланки заказов Подписка производится для научно технических библиотек, научных и инженерно технических работников

15-7 КАК СТАТЬ УЧАСТНИКОМ ВСЕСОЮЗНОЙ ВЫСТАВКИ ТВОРЧЕСТВА РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ-КОНСТРУКТОРОВ

Прием экспонатов на очередную выставку радиолюбительского творчества объявляется в журнале «Радио»

Конструкция, которую желает продемонстрировать на выставке радиолюбитель, на выставку сразу не посылается В Выставочный комитет нужно направить в двух экземплярах

1 Описание конструкции, отпечатанное на пишущей машинке или разборчиво написанное от руки чернилами на одной стороне листа с полями для заметок рецензента и членов жюри В тексте описания следует делать ссылки на чертежи, которые должны быть пронумерованы К описанию должна быть приложена написанная на отдельном листе краткая аннотация, в которой указываются наиболее характерные особенности экспоната

2 Схему конструкции начерченную тушью или чернилами на отдельном листе размером 250×150 *мм*, с обозначением основных дета-

лей аппарата. Описание, чертежи и схемы должны быть подписаны конструктором экспоната.

3. Фотоснимки внешнего вида и внутреннего монтажа аппарата размером 9×12 *см.*

4. Фотографию автора конструкции размером 9×12 *см.*

5. Сведения об авторе экспоната. имя, отчество, фамилия, возраст, партийность, специальность, образование, место работы, должность, радиолюбительский стаж, членство в ДОСААФ и радиоклубе, точный адрес, на каких радиовыставках участвовал ранее.

6. Технический акт испытаний посылаемого на выставку экспоната.

Весь материал (описание, фотографии, схема, анкета и технический акт испытания) заверяется местным радиоклубом или местным радиоузлом. Формы актов, отпечатанные типографским путем, рассылаются в местные радиоклубы Выставочным комитетом.

Сельские радиолюбители испытывают свои конструкции в районных радиоузлах.

К описаниям экспонатов по разделу «Применение радиометодов в народном хозяйстве», находящихся в эксплуатации, необходимо прикладывать справки от организаций, эксплуатирующих эти приборы. В справке должны быть указаны достоинства и недостатки данного прибора или аппарата.

После того как весь этот материал будет рассмотрен, Выставочный комитет направит участнику выставки свою оценку его работы.

Лучшие конструкции — только по требованию Выставочного комитета — высылаются в Москву, где на очередной Всесоюзной выставке радиолюбительского творчества выносится окончательное решение жюри о премировании конструкторов и награждении их дипломами. Некоторые конструкции могут быть поощрены и заочно, на основании представленных материалов.

Адрес секретариата Выставочного комитета: Москва, Сретенка, 26/1. Центральный радиоклуб ДОСААФ, секретариату Выставкома.

15-8. ГДЕ УЧИТЬСЯ

Энергетические, электротехнические, радиотехнические и физико-технические высшие учебные заведения

Ленинградский электротехнический институт имени В. И. Ульянова (Ленина) — Ленинград, ул. Попова, 5.

1. Радиотехнический факультет.

Специальности: радиотехника; конструирование и технология производства радиоаппаратуры.

2. Факультет электронной техники.

Специальности: электронные приборы; промышленная электроника

3. Электрофизический факультет.

Специальности: электроакустика, диэлектрики и полупроводники; оптика и спектроскопия.

4. Вечерний факультет.

Специальности: радиотехника; электронные приборы; конструирование и технология производства радиоаппаратуры.

Московский ордена Ленина энергетический институт — Москва, Красноказарменная ул., 17.

1 Факультет электровакуумной техники и приборостроения.

Специальности автоматические, телемеханические и электроизмерительные приборы и устройства; светотехника и прожекторостроение, промышленная электроника, электронные приборы, математические и счетно решающие приборы и устройства

2 Радиотехнический факультет.

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры, радиофизика и электроника.

3 Вечерний факультет

Специальности радиотехника, электронные приборы

Московский физико-технический институт — Московская обл, платформа Долгопрудная Северной ж. д, Савеловское направление.

1. Радиофизический факультет

2. Радиотехнический факультет

Новосибирский электротехнический институт — Новосибирск, 34, квартал 69, 36.

1. Радиотехнический факультет.

Специальности радиотехника; конструирование и технология производства радиоаппаратуры, автоматические, телемеханические и электроизмерительные приборы и устройства

Рязанский радиотехнический институт — Рязань Ямское шоссе, 37.

1. Факультет конструирования и технологии производства радиоаппаратуры.

Специальность — конструирование и технология производства радиоаппаратуры.

2 Факультет радиотехнической электроники.

Специальность — электронные приборы.

3 Факультет телемеханики и автоматики.

4 Вечерний факультет

Специальности. электронные приборы, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Таганрогский радиотехнический институт—Таганрог, ул Чехова, 22.

1. Радиотехнический факультет.

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

2 Факультет электровакуумной техники

Специальность — электронные приборы

3. Факультет приборостроения

Специальность — автоматические, телемеханические и электроизмерительные приборы и устройства

4 Вечернее отделение

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Политехнические и авиационные институты, имеющие радиотехнические факультеты

Горьковский политехнический институт имени А А Жданова (Министерства высшего образования СССР) — Горький, ул К Минина, 24

1. Радиотехнический факультет.

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры.

Киевский ордена Ленина политехнический институт (Министерства высшего образования УССР) — Киев, Брест Литовское шоссе, 39.

1 Радиотехнический факультет

Специальности радиотехника, диэлектрики и полупроводники, электронные приборы, конструирование и технология производства радиоаппаратуры, промышленная электроника

Ленинградский политехнический институт имени М И Калинина (Министерства высшего образования СССР) — Ленинград, Дорога в Сосновку, 1/3

1 Радиотехнический факультет

Специальности диэлектрики и полупроводники, промышленная электроника, радиофизика

Львовский политехнический институт (Министерства высшего образования УССР) — Львов, ул Сталина, 12

1 Радиотехнический факультет

Специальности радиотехника, автоматические, телемеханические и электроизмерительные приборы и устройства, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Томский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт имени С М Кирова (Министерства высшего образования СССР) — Томск, проспект Тимирязева, 9.

1 Радиотехнический факультет

Специальности электронные приборы, радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры, диэлектрики и полупроводники

Уральский политехнический институт имени С М Кирова (Министерства высшего образования СССР) — Свердловск, Втузгородок, Главный учебный корпус

1 Радиотехнический факультет

Специальности радиотехника, автоматические, телемеханические и электроизмерительные приборы и устройства, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Харьковский политехнический институт имени В И Ленина (Министерства высшего образования УССР) — Харьков, ул Фрунзе, 21.

1 Радиотехнический факультет

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры.

2 Вечерний факультет

Специальность — радиотехника

Казанский авиационный институт (Министерства высшего образования СССР) — Казань, ул Карла Маркса, 60

1 Радиотехнический факультет

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

2 Вечерний факультет

Специальности радиотехника конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Ленинградский институт авиационного приборостроения (Министерства высшего образования СССР) — Ленинград, ул Гастелло, 9

1 Радиотехнический факультет

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры.

2 Вечерний факультет

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Московский авиационный институт имени Серго Орджоникидзе (Министерства высшего образования СССР) — Москва, Волоколамское шоссе, 18

1 Радиотехнический факультет

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Заочные институты и факультеты

Всесоюзный заочный энергетический институт — Москва, Красноказарменная ул, 14

1 Электрофизический факультет

Специальность — электронные приборы

2 Радиотехнический факультет

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Всесоюзный заочный политехнический институт — Москва, Мазутный пр, 37 а

1 Электрофизический факультет

Специальности радиотехника, электронные приборы промышленная электроника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Киевский ордена Ленина политехнический институт — Киев, Брест-Литовское шоссе, 39

1 Заочный факультет

Специальности электронные приборы, радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Львовский политехнический институт — Львов, ул Сталина, 12

1 Заочный факультет

Специальность — радиотехника

Томский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт — Томск, проспект Тимирязева, 9

1 Заочный факультет

Специальность — радиотехника

Уральский политехнический институт имени С М Кирова — Свердловск, Втузгородок, Главный учебный корпус

1 Заочный факультет

Специальности радиотехника, конструирование и технология производства радиоаппаратуры

Харьковский политехнический институт имени В И Ленина — Харьков, ул Фрунзе 21

1 Заочный факультет

Специальности радиотехника конструирование и технология производства радиоаппаратуры

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Цена 13 р. 60 к.